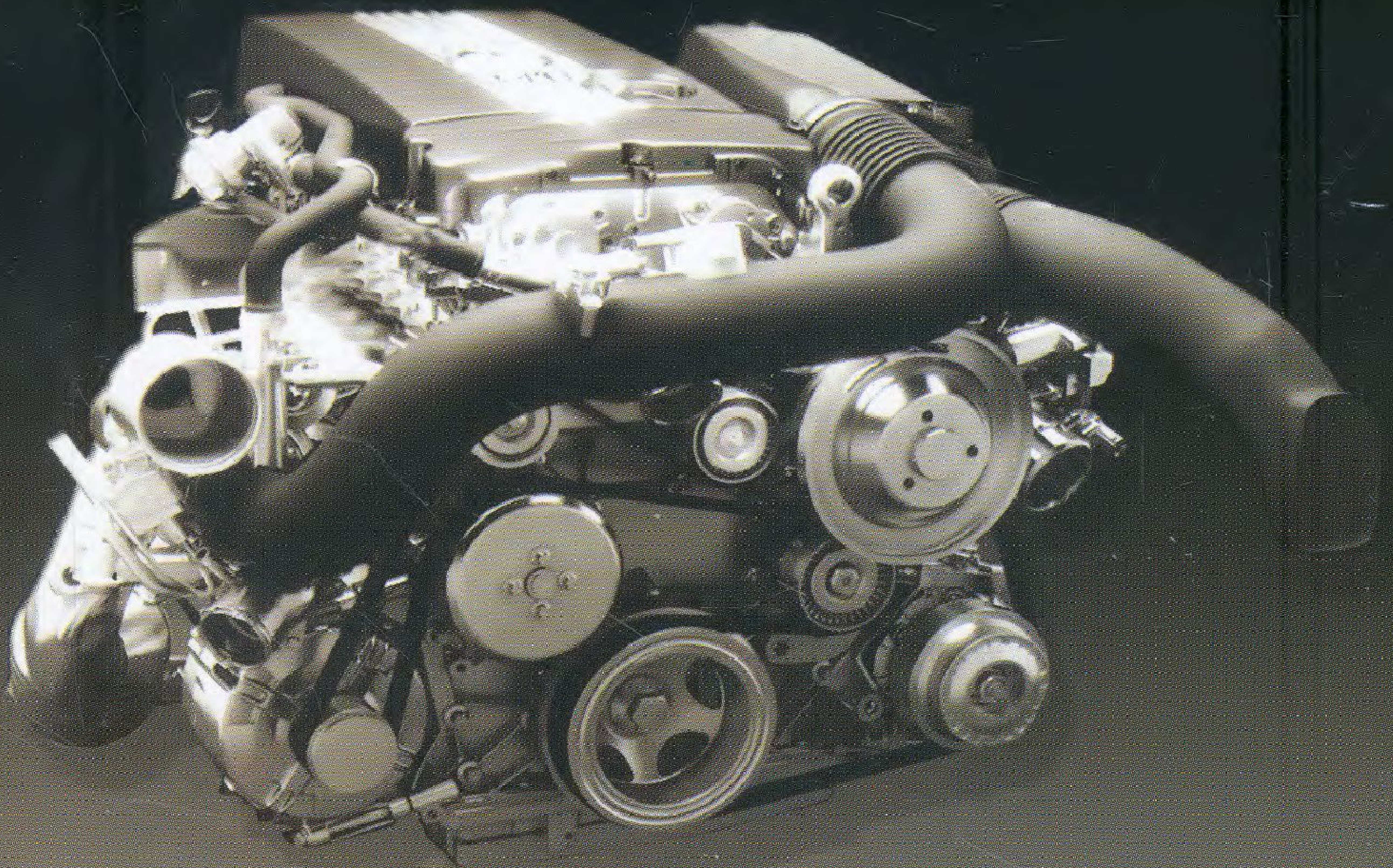
أساسيات
محركات الاحتراق الداخلى
بنزين - ديزل



أ. د. مفيد محمد النمرى
أ.د. عبد السلام أحمد الفيتورى
د. سـلام محمد جعفر

أ. د. على ابراهيم سعـد
م. ابو الحسن تونى حسن
م. طارق عبد الحفيظ بن محمود

دار الكتب العلمية
للنشر والتوزيع
القـاهرة

اساسيات
محركات الاحتراق الداخلى

بنزين - ديزل

أ. د. مفيد محمد النمرى

أ. د. على ابراهيم سعد

م. ابو الحسن تونى حسن

د. سلام محمد جعفر

م. طارق عبد الحفيظ بن محمود

الكتـــــــاب : **اساسيات محركات الاحتراق الداخلى (بنزين - ديزل)**
المؤلـــــــف : أ.د على ابراهيم سعد وأخرون
الناشـــــــر : دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - القاهرة
المقــــاس : 24 X 17
عدد الصفحات : 384
الطبعـــــــة : الأولى
رقم الإيــداع : 2008/3524
ردمـــــــك : 978 977 287 797 X

الاخراج الفنى وتصميم الغلاف : جمال خليفة
المـــونتـــاج الفنـــى : محمد حسنى

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع
50 شارع الشيخ ريحان - عابدين - القاهرة
☎ **27948619- 27954229**
فاكس: **27928980**

لمزيد من المعلومات يرجي زيارة موقعنا على الإنترنت
www.sbhegypt.org
e-mail : sbh@link.net

بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء

نهدى كتابنا هذا إلى اولادنا الأعزاء..

- هناء - وفاء - منال - على - ومحمد أبو الحسن تونى
- على ومحمد أبو الحسن تونى حسن
- نادية ودليا سلام محمد جعفر
- .... مفيد النمرى
- .... على إبراهيم سعد

- إلى كل الأساتذة والطلبة العرب الأعزاء الذين يحاولون ويناضلون فى دفع النهضة العربية العلمية نحو التقدم، والذين سوف يبرهنون للعالم العربى والغربى بأن للعرب تاريخاً حضارياً مزدهراً

مُقدّمة

إن محرك الاحتراق الداخلى هو محرك وقودى يعتمد عمله على الوقود الذى هو عبارة عن سائل عند احتراق محتوياته من المواد الكيميائية داخل اسطوانة تعمل فى المحرك، تتحول إلى طاقة حرارية ثم إلى ميكانيكية متمثلة فى دوران عمود المرفق وبعزم دوران ينتقل إلى منظومة نقل الحركة المتكونة من القابض وصندوق التروس وأخيرا إلى العجلات لدفع المركبة، تعتبر ماكنة الاحتراق الداخلية التى تتم بداخلها الحركة الترددية هى أشهر شكل معروف للمكائن التى تحقق الدفع الابتدائى للمركبات، ليست فقط ترددية بحركة المكبس وإنما هناك نوع آخر يسمى بالدوار (Rotary) وهو انوعان كما فى التوربينان الغازية (Gas turbines) المستخدمة فى المحركات النفاثة ومحطات القوى لتوليد الطاقة الكهربائية، والنوع الثانى فى السيارات ويسمى محرك وانكل (Wankle) ولكنه محدود الاستخدام فى وقتنا الحاضر بسبب دقة صناعته وتكلفته الباهظة.

إن المصطلح محركات الاحتراق الداخلى (Internal Combustion) لا يتضمن فقط محركات السيارات التى تعمل بوقود البنزين وليس فقط محركات الديزل فى مركبات النقل والتحميل أو الجرارات والسفن البحرية والتى تعمل جميعها بوقود الديزل ولكن يتضمن أيضاً التوربينات الغازية التى تعمل على حرق الوقود بعد عملية انضغاط الهواء مسبقاً فى الضاغط وتتم عملية الاحتراق فى حجرة الاحترق الخاصة فى منظومة التوربين.

ما زالت محركات الاحتراق الداخلى تلعب دورا مهما منذ قرن من الزمان ولحد وقتنا الحاضر فى جميع الميادين والمجالات الاقتصادية والصناعية والاجتماعية، الأمر الذى يتطلب الاستمرار فى العمل بدراستها والبحث فيها لغرض فهمها وتطويرها وتحسينها ولتحقيق فوائد اقتصادية مهمة.

1

الجزء الأول

محركات البنزين

1

الباب الأول

المراحل التاريخية لتطـــور محركات الاحتراق الداخلى

Historical stages for the development of the Internal Combustion Engines

الابتكارات العلمية فى مراحل تطوير محركات الاحتراق الداخلى:

فى وقت مبكر من عام 1680 اقترح العالم الهولندى الأصل (Huygens) باستخدام بارود البنادق لغرض تحقيق قدزة الحركة، أى كان يشغل البارود فى اسطوانة تحتوى على مكبس وعند إشعال البارود مع الهواء ستنتج الغازات التى تدفع المكبس وتعمل على حركته الترددية خارجة من الاسطوانة وتتحول الحركة الترددية إلى حركة دورانية بواسطة الحذافة لكى يتم استخدام هذه الحركة فى بعض هذه الحركة فى ولكن هذه الفكرة لم تكن عملية.

فى عام 1710 وصف بابين (Papin) محركا لجمعية رويل (Royal) فى لندن، وتوصل إلى تجارب متقدمة فجاءه تم معرفة أن تلك المحركات التى تعمل بالبارود لا تستغل القوة الفعلية مباشرة فى الانفجار لغرض تحريك المكبس إلى أسفل الاسطوانة، وإنما العكس حيث كان المخطط يهدف إلى انفجار كمية قليلة من بارود البنادق فى الاسطوانة ثم إجراء عملية تبريد التى تولد ضغطا تفريغيا جزئيا وهذا ممكن استخدامه لسحب المكبس إلى أسفل الاسطوانة وتسمى هذه العملية بمبدأ الاتوموسفيريك (أى مبدأ الضغط الجوى)، استمر بابين فى عمله واكتشف بأنه ممكن الحصول على قناعة أكبر إذا تم السماح للبخار وتكثيفه فى الاسطوانة، ولقد احتوى هذه الفكرة واستخدمها العالم (نيوكومين) (New Comn) الذى تمكن من تصميم أول ماكنة بخارية للضغط الجوى عام 1712 م، أن تعاقب تطور المكائن البخارية ذات الضغط الجوى (والتى استخدم فيها البخار بشكل واسع) أدى إلى تطور محركات الاحتراق الداخلى لمدة قرنين من الزمان ولكن عندما أصبح إنتاج المحركات كبيرا ، أصبحت التقنية تعتمد فى أساسها على المحركات البخارية.

خلال نهاية القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر كان هناك عددا هائلا من الاقتراحات والاختراعات لمحركات الاحتراق الداخلى، وسوف نستعرض فى هذا الباب أهم المحركات التجارية:

محرك لنوار Lenoir's engine

وهو المحرك الأول الذى أصبح رئيسيا وتم بناءه من قبل العالم لينوار عام 1860م وهو موضح فى الشكل (1-1)، إن المحرك يتألف ببساطة من اسطوانة واحدة وهو محرك غازى أفقى ثنائى الفعل ذو شوطين للدورة الواحدة. شوط السحب لشحنة الهواء والغاز وشوط العادم للخليط الناتج من الاحتراق تتم السيطرة عليهما بواسطة صمامات انزلاقية وأن الاشتعال يحدث بالشرارة الكهربائية والاحتراق يحصل على جانبى المكبس ولما كان التصميم للمحرك بغرفة واحدة كان تسلسل العمليات كالتالى:

1- فى الجزء الأول من الشوط يتم سحب خليط الهواء والغاز للداخل لحد نصف الشوط، ثم تغلق الصمامات الانزلاقية ويشتعل الخليط مسببا انفجارا فيندفع المكبس إلى نهاية الشوط.

2- فى الشوط الثانى يتم طرد غازات العادم بينما يحدث الاحتراق فى الجانب الآخر من المكبس.

إن الخطوة التالية المهمة فى تاريخ المحركات هى ظهور وتو ولانكين (Otto and Langen) عام 1860م وهو محرك بمكبس حر، وفيه كان استهك لوقود نصف الكمية التى استهلكها محرك لنوار. إن أبرز الظواهر الرئيسية لمحرك اوتو ولانكين كانت هى وجود الاسطوانة الرأسية الطويلة، والمكبس الثقيل وعموده المسنن الذى كان يتصل مع ترس صغير الذى بدوره يقود عمود القدرة الخارجة بواسطة سقاطة أو لسين مسنن وهذا الأخير مركب مع دولاب حر عند أعلى الشوط ولكنه أى اللسين المسنن يتصل عند أسفل الشوط، كما موضح فى الشكل (1-2) يبدأ المحرك بالعمل ويكون المكبس عند نهاية الشوط (إلى الأسفل).

وأن تعاقب التشغيل كان كالتالى:

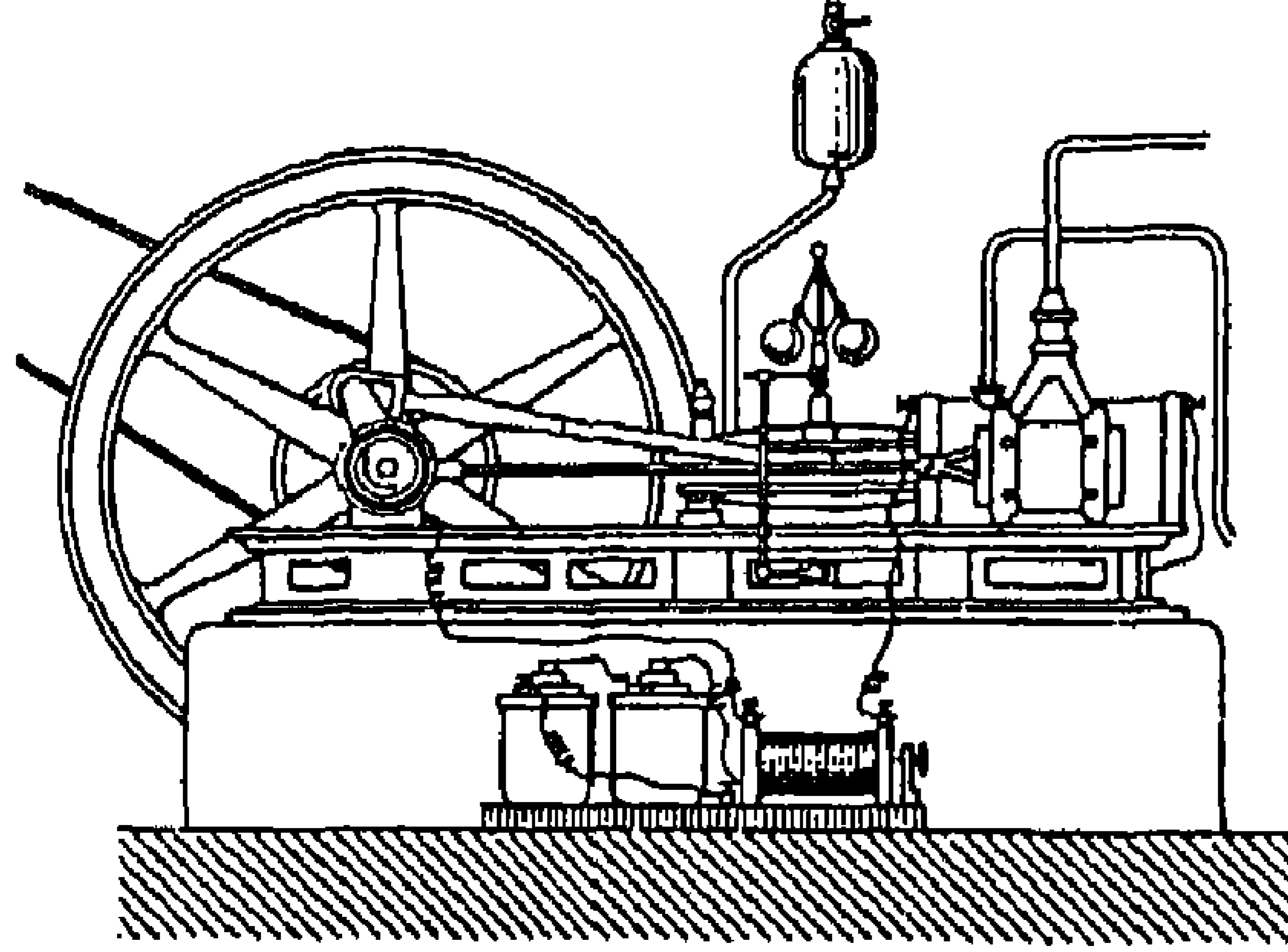
1- خلال العشر الأول من الشوط تسحب شحنة من الهواء والغاز داخل الاسطوانة، وثم إشعال الشحنة بواسطة لهب منقول من خلال الصمام الانزلاقى، والمكبس كان

يندفع بقوة حتى قمة الشوط بدون تسليم أى شغل، إن الشغل يتم اختزانه على شكل طاقة كامنة فى المكبس الثقيل.

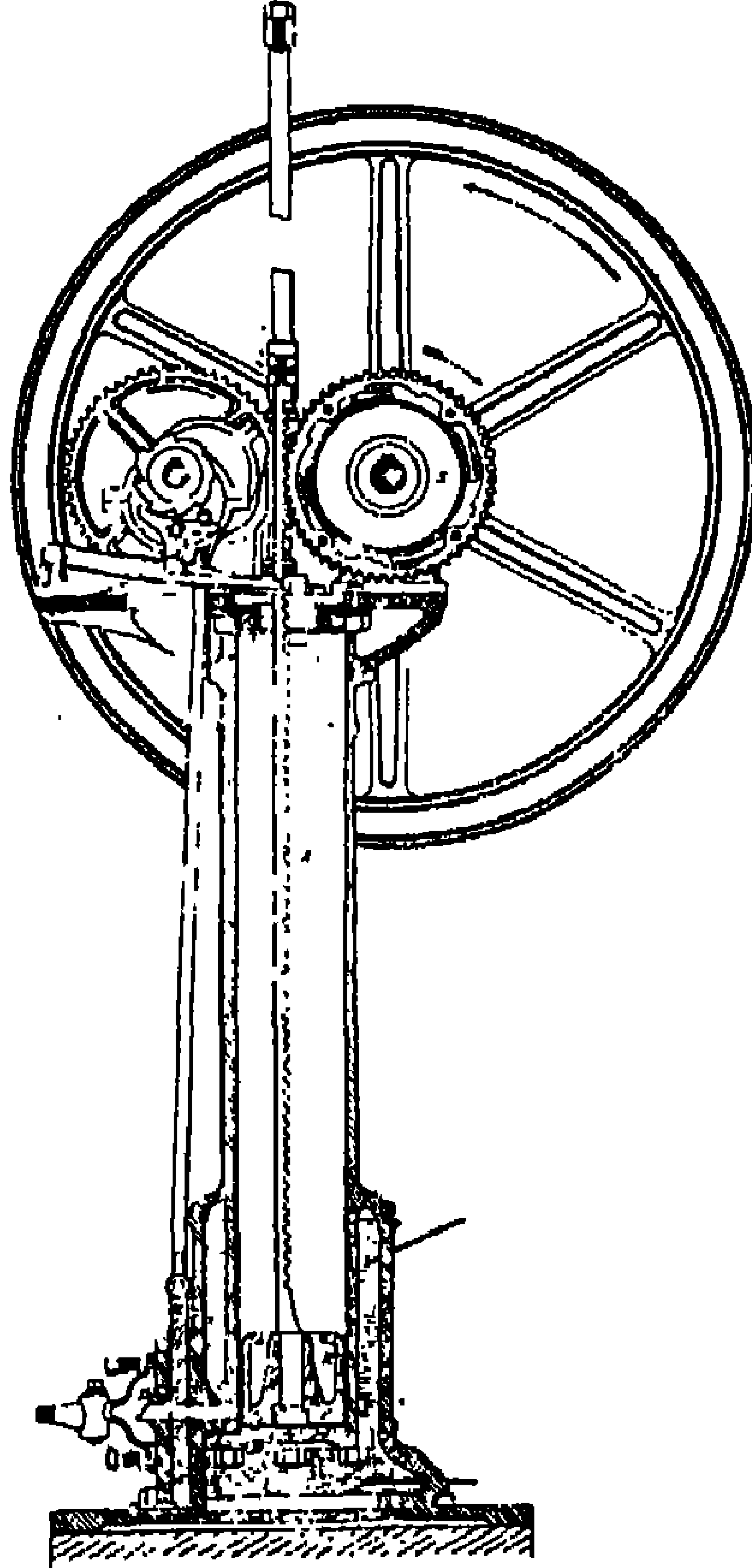
2- عندما يتم تبريد أجزاء المكبس، فإن ضغط التفريغ الجزئى سيتولد وأن وزن المكبس سينقل الشغل إلى عمود القدرة الخارجة عند أسفل الشوط، أما العادم يحدث عند نهاية هذا الشوط ويجب أن يكون وزن المكبس (70 كغم) لكل 1 كيلو واط من القدرة الخارجة، وبطبيعته سيكون فى ذلك الوقت أى فى النصف الثانى من القرن السادس عشر بدأت الاستكشافات التجارية لحقول النفط فى الولايات المتحدة الأمريكية، وهذا أدى إلى توفير إمكانية استخدام الوقود السائل بأنواعه والذى كان أكثر من الوقود الغازية التى احتاجت إلى منشآت إنتاجية خاصة بها، وأن الوقود السائل بدون شك عمل على تطوير محركات الاحتراق الداخلى وزاد من عدد الأنواع المختلفة والأشكال التى تعمل بالوقود السائل المنتج والزيوت المنتجة من النفط، وأن الفترة التاريخية من نهاية القرن التاسع عشر المتبقية كانت المحركات تسمى بنوع وقودها.

فالتى تستخدم الغاز سميت بالمحركات الغازية ولى محركات تستخدم الوقود السائل كانت تسمى بالمحركات النفطية (Oil engines) أو البترولية.

فى عام 1876م ، تم التصديق على اختراع محرك أوتو الصامت ذو الأشواط الأربعة وتم إنتاجه، لأن محرك أوتو يعمل أكثر هدوءاً من محرك المكبس لحر وأكثر كفاءة منه بثلاثة مرات.



الشكل (1-1) محرك لنوار الغازى



الشكل (1-2) محرك اوتو ولانكين ذو المكبس الحر
(تم إنتاج 10000 محرك من هذا النوع خلال خمسة سنوات)

حتى أن أوتو عمل على تحسين محركه ورفع كفاءته بواسطة تحسين شحنة الامتصاص وكان ذلك بمساعدة فكرة السير (Sir Dugald Clerk) التى تتلخص فى ضغط الشحنة قبل عملية السحب والاشتعال، إن كليرك أعطى التحليل لأول لدورة اوتو.

إن مبدأ عملية الضغط أو الانضغاط قبل الاشتعال تابعه مسبقا العالم شميت (Schmidt) عام 1861م ولكن الذى أبدع فى هذا العمل هو بيو دى روكاس (Beau de Rochas) في عام 1861م وكان يتضمن النقاط التالية:

1- يجب أن تكون هناك نسبة عالية من الحجم إلى السطح.

2- تحقيق أعلى مستوى من التمدد للغازات.

3- تحقيق أعلى انضغاط ممكن للخليط من الوقود والهواء.

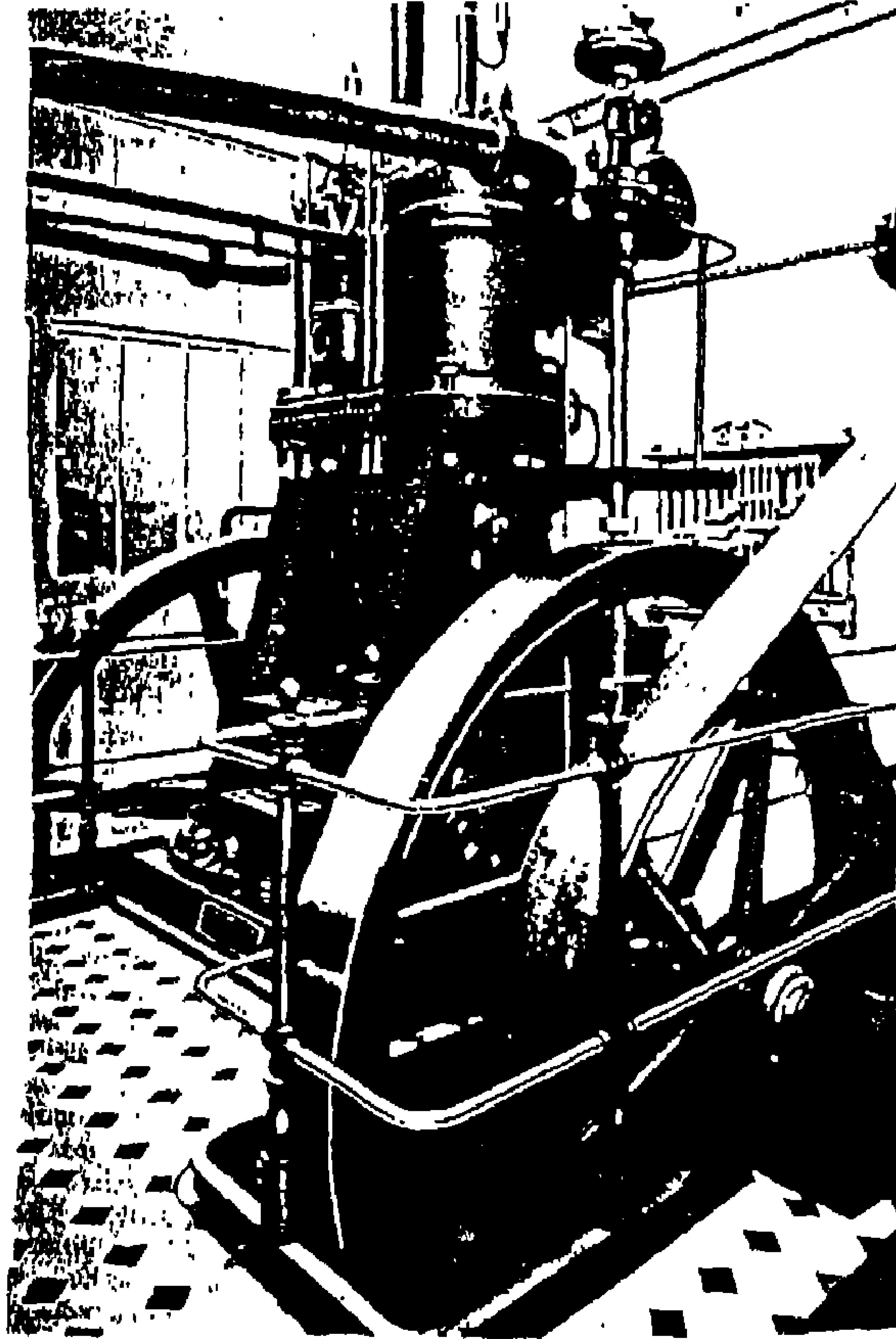
أشار بيو دو روكاس إلى أن الاشتعال يجب أن يتم بانضغاط كاف للشحنة. بعد ذلك وبعد محرك اوتو الهادئ أو الصامت وبعد إنجاز محركات الاحتراق ثنائية الشوط. ظهرت اختراعات روبسون (Robson) فى عامى 1877 و 1879م التى وضعت دورة محركات ثنائية الشوط من نوع الاكتساح ما تحت المكبس، بينما الاختراعات فى عامى 1878 و 1881م بواسطة كلارك (Clerk) وصفت دورة محركات ثنائية الشوط بواسطة الضخ المنفصل أو بواسطة اسطوانة اكتسح منفصلة.

لقد تم الاحتياج إلى محركات ذات نسب القدرة إلى الوزن بقيم أعلى أو أفضل بسبب زيادة الطلب على المركبات الذاتية الدفع الحاوية لتلك المحركات. وأول من قام بدراسة هذه المسألة هو دايمللير (Daimler)، والذى أدرك ضرورة الاحتياج إلى حرك ذو سرعة عالية ويكون خفيف الوزن، والذى يتمكن من إعطاء القدرة الأكبر بفضل سرعته الدورانية العالية، التى تتراوح ما بين 500-1000 دورة فى الدقيقة.

إن براءة اختراع دايميلر مؤرخة من عام 1884 ولكن محركه على شكل (V) التوامى لعام كان هو الأول الذى تم إنتاجه بكمية، ولكن قبل التحول إلى القرن العشرين أصبح محرك البترول مميزا ولكن ما زال هناك مجالا كبيرا للتطوير

والتحسين في حينها. بدأت تطورات محركات الاشتعال بالضغط الحديثة من أعمال رجـلين همـا أكـوردو سـتيوارت (Akroyd Stuart) وردولف ديزل (Rudolf Diesel) محرك ستيوارت تم اختراعه في عام 1892 وكان محركا رباعي الأشواط ذو الاشتعال بالضغط بنسبة انضغاط (3) وهي تعتبر منخفضة لتزويد الاشتعال الذاتي للوقود. إضافة لذلك كان للمحرك غرفة إضافية أو مبخر كبير غير مبرد متصل مع الاسطوانة الرئيسية عبر ممر ضيق. كبداية كان المبخر يسخن خارجيا، وبعد ذلك إشعال الوقود بعد أن يتم رشه في مبخر عند نهاية شوط الانضغاط، حيث تحدث عملية توليد الاضطراب (Turbulence) لمزيج الهواء والوقود عند عنق المبخر لتؤكد الاحتراق الفجائي. في ذلك الوقت بدأ المحرك يعمل على التخلص من مصدر الحرارة الخارجي عندما يشتعل مباشرة. وتم تحسين الوقود بعملية التقطير وأصبح خفيفا مثل الكيروسين أو الوقود الزيتي وارتفعت كفاءة المحرك إلى 15% أي أكبر من الكفاءة السابقة لمحرك اوتو الهادئ. إن فكرة العالم ديزل (Diesel) في ضغط الهواء إلى حد معين بحيث يمكن بسهولة إشعال الوقود بعد حقنه وقد تم نشر هذه الفكرة في عام (1890) وتم توثيق الاختراع عام 1892، أما تنفيذه تم عام 1893، ممكن ملاحظة الشكل (1-3) الذي يوضح محرك العالم ديزل.

ولكن لم يتمكن من تحقيق بعض أهدافه في المحرك مثل عدم بلوغ قيمة ضغط الانضغاط وإلى 240 bar ، وإمكانية استخدام مسحوق الفحم والاسطوانة الغير مبردة، وبالرغم من ذلك وصلت كفاءة محرك العالم ديزل إلى 26% وهي ضعف كفاءة أي محطة توليد قدرة معاصرة في ذلك الوقت، لقد قام العالم ديزل بحقن الوقود بواسطة منفاخ هواء ذو ضغط عالي يصل إلى 70 bar ولعدم وجود مضخة للسائل للحقن اللاهوائي قبل عام 1910 وحتى ظهور العالم ماكنشين (Mckechine). ولما كانت عملية حقن الهواء بالمنفاخ مكلفة للحصول على ضغط عال للهواء.



الشكل (1-3) يوضح محرك ديزل وقدرته الخارجة KW 45 عند 180 دورة فى الدقيقة (عام 1898)

والاحتياج لخزان هواء لذلك جددت تلك العوامل من استخدام محركات الديزل فى حينها فى التطبيقات البحرية والمواع الثابتة الكبيرة. والمعلوم بأنه لم يتم استخدام محركات الديزل العاملة بالاشتعال بالضغط وذات الحجم الصغير فى مركبات النقل قبل عام 1920م.

إن تطور محركات الاحتراق الداخلى كان يعتمد على الخبرة المستحصل عليها من محركات الاشتعال بالشرارة للسيارات، وعلى مضخات حقن الوقود المتحكمة بكميات الحقن اللاهوائية المقدمة من قبل العالم بوش (Bosh) ومن تطورات أنظمة الاحترق المناسبة من قبل بعض الباحثين مثل ريكاردو (Ricardo).

وفى عام 1897 تمكن العالم الألمانى الدكتور رودلف ديزل من استبدال مسحوق الفحم بنوع آخر من الوقود، فاستخدام الزيت الثقيل فى تشغيله لسهولته عن ستخدام مسحوق الفحم، وقد نجح فى ذلك نجاحا عظيما، وقد كان الهواء يضغط داخل الاسطوانة حتى يرتفع درجة حرارته إلى 550 درجة مئوية، ثم يحقن الوقود على شكل رذاذ رفيع بواسطة هواء حاقن، يزيد ضغطه عن الضغط داخل الاسطوانة بمقدار كبير، فيشتعل ويستمر الاشتعال طوال فترة الحقن التى تبلغ 10/1 من المشوار بضغط ثابت.

وقد استغنى فى هذا المحرك عن المغذى وجهاز الاشتعال فى محرك اوتو، واستعيض عنها بمضخة هواء ذات ضغط عال لحقن الوقود.

تتميز محركات ديزل بارتفاع جودتها واقتصادها فى الوقود، إلا أن المتاعب التى نشأت من استعمال الضغوط العالية المستعملة فيها، وأجهزة الهواء المضغوط اللازمة لعملية الحقن، دعت إلى تعديل فى نظرية تشغيل هذه المحركات بحيث يكون الضغط الناتج عن انضغاط الهواء أقل من مثيله فى محركات ديزل، مع عدم استخدام هواء لحقن الوقود داخل الاسطوانة.

وقد أطلق على هذا النوع من المحركات اسم نصف ديزل أو شبه ديزل، كما ساعدت تلك المتاعب على ظهور محركات ديزل ذت الحقن الجاف، فيها استغنى عن هواء الحقن بارتفاع ضغط الوقود المحقون آليا.

محركات الديزل البحرية (البطيئة، المتوسطة، السريعة)

تعتبر محركات الديزل البحرية هى أكثر المحركات المستخدمة فى النقل البحرى لأنها عالية الكفاءة حيث أن الكفاءة الحرارية لمحرك الديزل البحرى أفضل من التوربين البخارى والغازى ويمكن الاستفادة من الحرارة الضائعة من محركات الديزل البحرية فى الشحن التوربينى وفى مياه التبريد.

تصنف محركات الديزل البحرية طبقا إلى سزعة دورانها إلى:

أ- محركات ديزل بطيئة السرعة وتتراوح سـرعتها الدورانيـة ما بين 100 دورة/دقيقة.

ب- محركات ديزل متوسطة السرعة وتتراوح سرعتها الدورانية ما بين 300 دورة/دقيقة إلى 1000 دورة/دقيقة.

ج- محركات سريعة وتتراوح سرعتها الدورانية ما بين 1000 دورة/ دقيقة إلى 3000 دورة/ دقيقة وربما تجاوزت هذه السرعة إلى ما فوق ذلك.

فى العالم البحرى تعتبر محركات الديزل البطيئة السرعة مجموعة معروفة مميزة بسرعاتها الدورانية التى تتطلبها الرفاصات فى السفن البحرية التى تبحر عبر المحيطات. هذا النوع من المحركات يتم توصيله مباشرة للرفاص الذى يدور من 100 إلى 150 دورة/ دقيقة، ولكن تطور هذه المحركات تم تحديده بسبب سرعة الرفاص.

عندما يكون محرك الديزل ذو سرعة دورانية تتجاوز 1000 دورة/دقيقة فإنه يعتبر عادة محرك ديزل سريع، بينما يقع محرك الديزل المتوسط السرعة ما بين النوعين المذكورين ويعطى الفترة ما بين 300 إلى 1000 دورة/ دقيقة. وقد تم تطوير محركات الديزل البحرية السريعة بسبب الحاجة إلى السفن الصغيرة والزوارق.

إن كلا من محركات الديزل البحرية المتوسطة والسريعة الدوران كانت مألوفـة للمهندسين البحريين لسنوات عديدة بأنها محركات توليد ملحقة (Auxiliary Engines) وكمحركات دفعية لسفن الصيد والنقل والعبارات وسفن السواحل وغيرها.

الشكل (1-4) يوضح محرك ديزل ثنائى الشوط لشركة سويلزر (Sulzer) ويستخدم للسفن وله الخواص التالية:

1- القدرة الحصائية KW 2960

2- حجم الإزاحة للاسطوانات 1.32 m

3- السرعة الدورانية 87 rpm

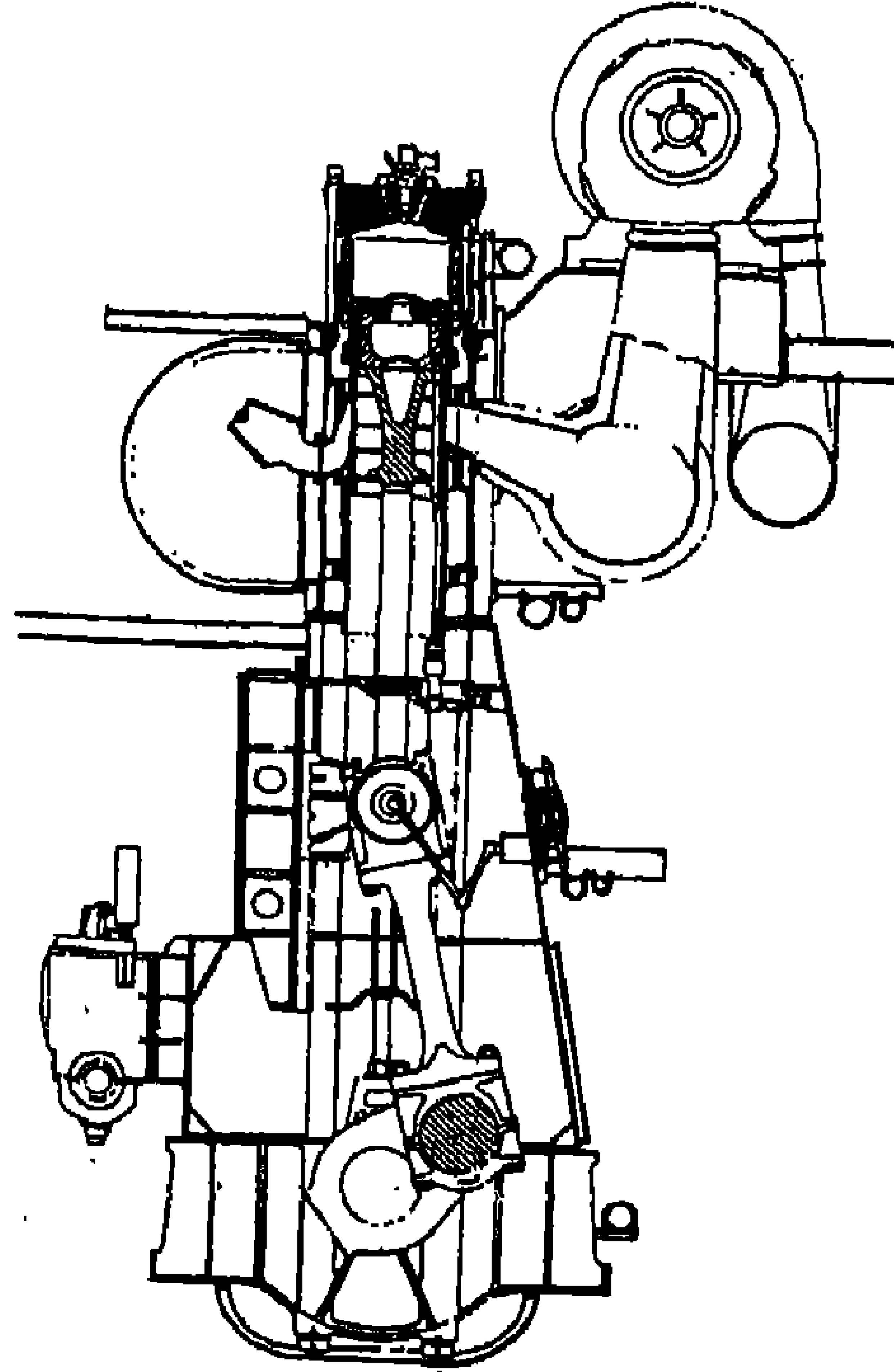
4- ضغط الاسطوانة 76 bar

5- متوسط الضغط الفعال 8.65 bar

وفى عام 1925 بدأ حقن الوقود بطريقة الحقن المباشر. ويرجع ذلك إلى جهود (روبرت بوش)، وكذلك أجريت عدة أبحاث ودراسات على غرف الاحتراق لغرض ارتفاع كفاءة الاحتراق، وبالتالى الكفاءة الحرارية للمحرك. ويمكن القول أن عام 1930 هو نهاية الصعوبت التى كانت تعترض بناء المحرك المناسب، حيث أمكن تصنيعه بأقل التكاليف.

أما عام 1931 فله أهمية كبرى فى صناعة محركات الديزل، حيث تمكن بوش من صنع أول محرك رباعى الأشواط يعمل بطريقة الشحن الأقصى من خلال الشاحن التوربينى الذى يغذى المحرك بالهوا اللازم للاحتراق، مما أدى إلى رفع قدرة المحرك إلى 150%. وأنتجت المصانع المحركات ذات الشحن التوربينى، ثنائية الأشواط بطريقة الكسح الطولى، مما شجع جنكر (Junker) وبعده دوكسفورد (Doxford) على تصنيع المحركات ذات المكابس المتضادة.

التاريخ المبكر لتطور محركات الديزل البحرية بأنواعها (البطيئة السرعة، المتوسطة السرعة، والسريعة) كان مرتبطا مع احتراق أنواع الوقود المقطرة الخفيفة ومثل هذه الأنواع من الوقود تحترق بشكل سريع وكافى خلال دورة المحرك ليتبخر خلال فترة زمنية قصيرة يحدث فيها دوران عمود المرفق عند سرعة دورانية عالية فى الوقت الذى تطلب وجود قدرة منخفضة.



الشكل (1-4) محرك ثنائى الأشواط من صنع شركة Sulzer

إن خاصية التصميم تتضمن تخفيض ارتفاع غرفة المحركات المطلوب الذى يقارن مع ارتفاع غرفة المحركات ذت الرأس المنزلقة، وهذه الخاصية لها فائدة كبيرة فى العبارات التى تتطلب انخفاض غرفة المحركات.

وقد أثبت أن لمحركات الديزل المتوسطة السرعة اعتمادية عالية خلال تاريخ استخدامها كسفن صيد وسحب، وأنها تعمل تحت ظروف صعبة وبأقل مقدار من العناية، وإن التطور الأخير لهذه المحركات كان موازيا مع تطور مواد التزييت الذى مكن هذه المحركات فى العمل مع أنواع الوقود الثقيلة، حيث ساهمت مواد التزييت فى التخفيض من تآكل الاسطوانات وبالتالى أدى إلى عدم وجود التلوث فى حوض المحرك واحتمالية التآكل ضعيفة جدا.

إن العامل الوحيد المتواجد هنا يعود لاحتراق الوقود الثقيل وهو السرعة المحددة القصوى وستكون 750 دورة/دقيقة، أو حول ذلك عند دورانهم وباستخدام وقود

بنسب مختلفة ولهذا السبب فإن المحرك السريع فى الوقت الحاضر لا يستطيع العمل باستخدام الوقود الثقيل ولابد من التأكيد على استخدام الوقود المصفى بطريقة نقية.

لابد من الإشارة إلى تطور الشحن التوربينى الذى ساعد محركات الاحتراق بالضغط من جميع الأحجام لزيادة القدرة النوعية واستفادة محركات الديزل منه، وعند المقارنة مع المحركات السريعة الدوران بأنها من الشواحن التوربينية ستتعامل مع نوع الجريان لغازات العادم المطلوب من محركات السرعة المتوسطة والذى يكون أكثر كفاءة بالرغم من أن الشواحن التوربينية ذات الجريان القطرى مؤخرا لها تأثيرها على معدل السرعة العالية للمحرك، عند المقارنة مع المحركات ذات الاسطوانة بقطر كبير سيكون حجم محرك السرعة المتوسطة قابل لتحمل الضغوط العالية فى الاسطوانات والأحمال الحرارية أكثر من تلك التى ممكن إنجازها فى الاسطوانات الكبيرة الأقطار.

1

الجزء الأول

محركات البنزين

2

الباب الثاني

محركات الاحتراق الداخلى

مفاهيم أساسية . مواصفات . تصنيف

Internal Combustion Engines

Definitions, Description and Classification

الفصل الأول
المفاهيم والتعاريف الأساسية
فى محركات الاحتراق الداخلى

يجب التعرف على بعض المفاهيم والتعاريف الأساسية، ومبدأ عمل محركات الاحتراق الداخلى، والتى تنمى قدرات العاملين وتساعدهم فى هذا المجال.

كما ينبغى التعرف على بعض المعادلات التى تساعد فى الحسابات النظرية والعملية الخاصة بقدرة وكفاءة المحركات.

القوة :Force

هى أساس توليد القدرة والطاقة، ولها مصدر معين، وهى تؤثر على جسم معين، مثل قوة الرياح على الشراع.

مثال:

أوجد مقدار القوة F التى تتطلب رفع كتلة قدرها 200 kg ؟

الحـــــل

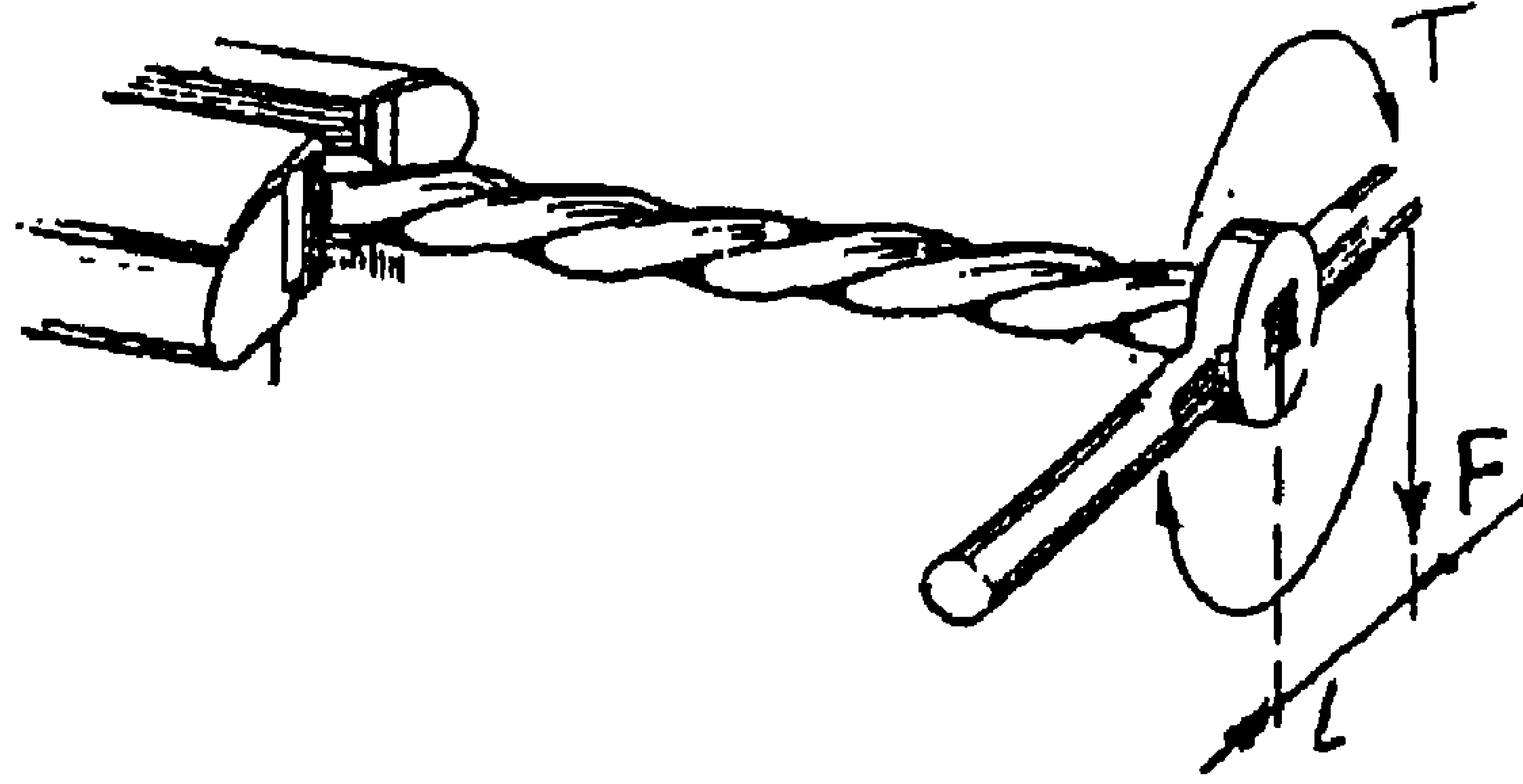
حيث m ... كتلة الجسم (kg).

g ... التعجيل الأرضى وقيمته $9.81 \frac{M}{S^2}$

فتصبح F كما فى المعادلة كالآتى:

$$F = 200 * 9.81 \frac{M}{S^2}$$

$$F = 1962 \text{ N}$$



شكل (1-2) العزم

ويمكن الحصول على قيمة العزم من خلال حاصل ضرب القوة فى طول ذراع المفتاح المستخدم.

العزم = القوة × طول ذراع المفتاح

$T = F.L$

حيث . T ... العزم ووحدة قياسه هو (N.M).

F ... القوة ووحدة قياسها هى نيوتين (N).

L ... طول الذراع ووحدة قياسه هو (M).

إن حاصل ضرب القوة فى طول ذرع المفتاح يعطى العزم، الذى يقاس بوحدة القوة مضروبة فى وحدة المسافة (L) بشرط أن يكون خط تأثير القوة عمودى على ذراع نقل الحركة.

القدرة power:

القدرة هى معدل الشغل المبذول على وحدة الزمن

مثال :

أوجد القدرة اللازمة لشغل مبذول فى رفع جسم وزنه 1962 N (كما سبق فى مثال سابق) والذى تطلب زمنا قدره (t) وليكن (5) ثانية؟

الشغل Work :

هو مقدار القوة مضروب فى الإزاحة. ووحداته الجدول J أو الـــ k.J

مثال:

أوجد الشغل المبذول فى رفع جسم وزنه 1962 N والذى يبذله عاملان؟

الحـــــل

يمكن الحصول على الشغل المبذول من خلال المعادلة التالية:

الشغل = القوة × الإزاحة

$$W = F.\,S$$

حيث　w ... الشغل ووحدة قيسه هو الجول (J).

F ... القوة ووحدة قياسها هى نيوتين (N).

S ... الإزاحة ووحدة قياسها هى المتر (M).

∴ w تكون كما هى موضحة بالمعادلة التالية:

$$W = F.\,S$$
$$= 1962\ N.\quad 1.5\ m$$
$$= 2943\ J$$

العزم Torque :

يطلق مصطلح العزم على عملية التواء جسم معين أثناء دورانه باستخدام قوة كما هو موضح بالشكل، أو عند دوران مفك أو مفتاح عند ربط صامولة، حيث تعتبر اليد هى مصدر القوة، وطول ذراع المفتاح هو ذراع القوة.

الحـــــل

القدرة = الشغل / الزمن　　$\text{Power} = \dfrac{\text{Work}}{\text{time}}$

القدرة = $\dfrac{1962 \times 1.5}{5}$ = 588.5 (W)

نلاحظ أن القدرة تقاس بوحدة الواط w ، وهناك وحدة أكبر هى الكيلو واط

(kW) ، أى كل كيلو واط يعادل 1000 واط، كما توجد وحدة أخرى لقياس القدرة هى الحصان (Horse Power) حيث تختصر تصبح (hp) وأن الكيلو واط الواحد = 1.34 hp

الطاقة Energy :

هى سعة أو قابلية بذل الشغل، وتقاس بكمية الشغل المبذول ووحدة قياسها هى الجول (joule) وكيلو جول، أما الوحدة الأكثر استخداما فهى (كيلو واط. ساعة) وهى تمثل الطاقة المبذولة عندما تعطى قدرة مقدارها كيلو واط لمدة ساعة .. وعندما تكون القدرة p = 588.5 w

يمكن الحصول على الطاقة من المعادلة التالية:

الطاقة = القدرة × الزمن

= 588.5 w × (60 دقيقة × 60 ثانية)

$$= 588.5 \ \frac{\text{جول}}{\text{ثانية}} \times 3600 \ \text{ثانية}$$

= 2118600 جول أو 2118.6 kj

الضغط Pressure :

يعبر عن الضغط بمقدار القوة المؤثرة على وحدة المسافة. ووحدة الضغط هى نيوتن/ متر^2 (N/m^2) ويرمز للضغط بالرمز (p) ، ويمكن أيضا قياس الضغط بوحدات $\frac{kg}{cm^2}$

إن 1 نيوتن/متر^2 يعادل، باسكال (Pascal) وتختصر بالرمز (Pa).

الضغط الجوى يعادل 1.03×10^5 Pa ، كما توجد وحدة قياس أخرى هى البار (Bar)

وكل 1 (بار) يعادل 10^5 باسكال أى

1 بار (bar) = 10^5 نيوتن/ متر^2

ضغط الغاز (P):

يقاس ضغط الغاز P داخل حيز الاحترا بوحدة bar ويتغير هذا الضغط الموضح بشكل (2-2) مع الأشواط المختلفة، فأثناء عملية سحب خليط الهواء والوقود إلى داخل الاسطوانة يؤثر ضغط ناقص قيمته Pu (المنحنى AB). ويرتفع الضغط تدريجي ببطء أثناء شوط الانضغاط حتى يصل الكباس إلى نقطة الاشتعال 1G حيث يرتفع الضغط فجأة وبمعدل سريع بعد نقطة الاشتعال ويصل إلى الضغط الأقصى P_{max} وذلك بعد النقطة الميتة TCD بوقت قصير ويمثل ذلك بالخط المنحنى BCD ويتبع هذا تناقص سريع ثم تدريجى فى الضغط إلى القيمة Po.c أى (DOE)، ويتم أثناء شوط العادم طرد غازات الاحتراق عند ضغط أكبر من الضغط الجوى بقدر ضئيل وهو ممثل بالمنحنى (EA).

يتم فى حالة تشغيل المحرك تشغيل المنحنى البيانى لمنحنى الضغط مع الشوط (الحجم بواسطة المبين الذى يسجل على ورقة البيان الملتفة حول اسطوانة تغير الضغط مع الشوط الحجم). كذلك يمكن تسجيل منحنى الضغط مع الشوط (الحجم) باستخدام جهاز الأوسليوغراف (مرسمه الذبذبات).



شكل (2-2)

متوسط الضغط الفعال الناشئ عن الاحتراق:

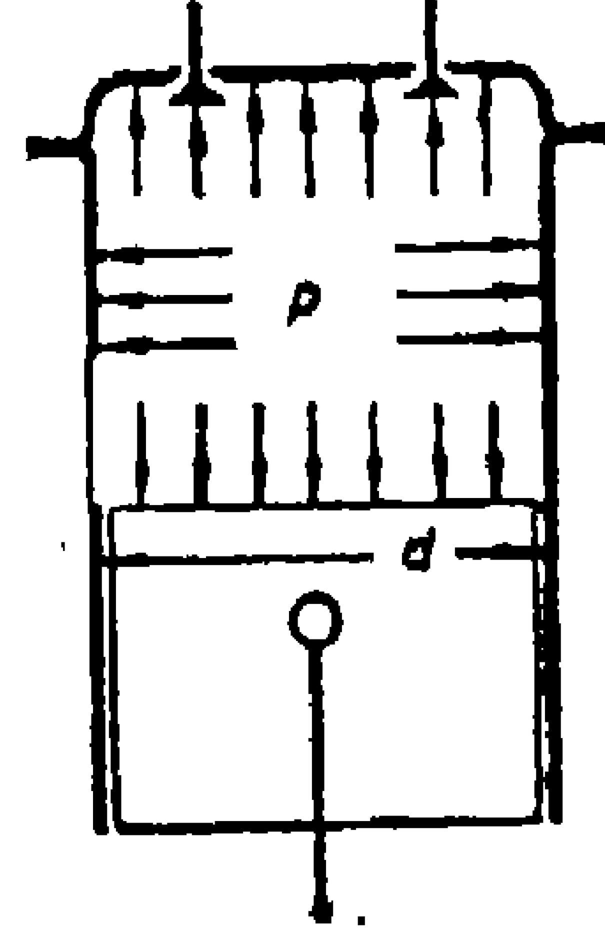
(MEP = Mean effective Pressure)

نظرا لاستمرار تغير الضغط داخل اسطوانة المحرك أثناء شوط الشغل بين القيمة P_{max} ، Po.c حسب موقع الكباس، يستخدم عمليا ضغط يتراوح بين القيمتين ويعرف باسم متوسط الضغط البيانى للكباسP_i، ويمكن استنتاج هذا الضغط فى الاسطوانة المعنية بجمع عدد n من الضغوط فى الرسم البيانى لمواقع مختلفة للكباس (مثلا 14 .... 1 ، قارن المنحنى البيانى للضغط – الشوط) ثم يقسم المجموع على عددn

$$P_i = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots\dots\dots + P_h}{n}$$

القوة المؤثرة على الكباس:

يؤثر ضغط الغازات داخل حيز الاحتراق فى جميع الاتجاهات بنفس الدرجة، ومن ثم فإنه يؤثر كذلك على سطح الكباس، ويمكن حساب القوة التى تؤثر على سطح الكباس عند كل ضغط مؤثر داخل الحيز الموضح بشكل (3-2)



شكل (3-2)

$F = A \cdot P$ $F_i = A \cdot P_i$

$$\eta_m = \frac{P_{eff}}{P_i}$$

$E_{eff} = A \cdot P_{eff}$

حيث P ... الضغط .... (bar)

P_{max} ... ضغط الاحتراق الأقصى .... (bar)

P_{eff} ... متوسط الضغط الفعال للكباس (bar)

P_i ... متوسط الضغط البيانى للكباس (bar)

P_c ... الضغط النهائى للانضغاط (bar)

η_m ... الكفاية الميكانيكية

A ... مساحة سطح الكباس (Cm^2)

d ... قطر الكباس (Cm)

F ... القوة المؤثرة على سطح الكباس (N)

اعلم أن $1\ Bar = 10000\ Pa$ ، $1\ Pa = 1\ N/m^2$ ، $1\ Bar = 1 kg/cm^2$

أمثلة وتمارين على القوى المؤثرة على الكباس

مثال:

تم إعادة خراطة السطح الخارجى لاسطوانة محرك بنزين ليصبح القطر الداخلى للاسطوانة 82 mm بدلا من 80 mm – أوجد القوى المؤثرة على الكباس قبل وبعد عملية الخراطة إذا كان الضغط الأقصى للاحتراق 42 bar ثم احسب النسبة المئوية للزيادة.

الحـــــل

$d_1 = 8.0$ cm
$d_2 = 8.2$ cm
$A_1 = 50.27\ cm^2$
$A_2 = 52.81\ cm^2$

$F_1 = A_1 \,.\, P = p\ 50.27\ cm^2 \,.\, 42\ bar = 5027.42\ \frac{daN}{cm^2} = 21113.4$

$F_2 = A_2 \,.\, P = 52.81\ cm^2 \,.\, 420\ N / cm^2 = 22180\ N$

مقدار الزيادة $F_2 - F_1 = 22810 - 21113.4 = 1066.8\ N$

النسبة المئوية للزيادة = $\frac{1066.8\ N.\ 100\ \%}{2111.3\ N}$ = 5 %

تمارين

1- أوجد القوة المؤثرة على الكباس F_{max} إذا كان قطره 68 mm والضغط الأقصى للاحتراق $P_{max} = 39$ bar (27.5 bar) .

2- أوجد متوسط القوة المؤثرة على الكباس وقوة دفع الغازات عبر صمام العادم إذا كان قطر الكباس 68 mm (80 mm , 75 mm) ، علما بأن $P_1 = 6.5$ bar , Pexh = 1.3 .

3- إذا كان القطر الداخلى لاسطوانة محرك 105 mm (d = 72.5 mm).

أوجد الآتى:

(أ) القوة القصوى المؤثرة على الكباس F_{max} عند ضغط $P_{max} = 35$ bar .

(ب)أدنى قوة عند Paxh = 2.7 bar

(ج) القوة المتوسطة على الكباس عند P_1 = 7.2 bar .

4- ما هى القوة المؤثرة على الكباس واللازمة لرفع ضغط الغاز إلى 8 bar علما بأن قطر الكباس 76 mm ؟

5- إذا كانت القوة القصوى المؤثرة على الكباس الخاص بأحد المحركات F_{max} = 19.6 kN وقطر اسطوانة المحرك هو 74 mm . أوجد ضغط الاحتراق P_{max} المناظر.

6- أوجد ضغط الاحتراق المؤثرة على كباس مساحة مقطعه 46.57 cm^2 إذا كانت القوة المؤثرة على الكباس تساوى 25.8 kN .

7- يبلغ الضغط الأقصى لمحرك ديزل يستخدم شاحن هواء بواسطة غازات العادم 115 bar . أوجد الزيادة المئوية فى القوة المؤثرة على سطح كباس المحرك عند خراطة القطر الداخلى لاسطوانة المحرك من 125 mm إلى 128 mm .

8- يبلغ قيمة الضغط فى نهاية شوط الانضغاط لمحرك ديزل 46 bar فإذا كان القطر الداخلى لاسطوانة المحرك 130 mm . أوجد القوة المؤثرة على سطح الكباس.

قوانين الغـــازات

تعرف القواعد التى تنظم العلاقة بين خواص الغاز واختلافها تبعاً لما يقع له من تغير باسم قوانين الغازات، وهناك ثلاثة قواعد تبحث فى العلاقة بين خاصتين من خواص الغازات إذا ثبتت الخاصية الثالثة، وتعرف القاعدة التى تبحث فى حالة خواص الغازات إذا ثبتت درجة حرارته باسم قانون بويل.

1- **قانون بويل** Boyle's Law :

يتناسب التغير فى حجم الغاز تناسباً عكسياً مع التغير فى ضغطه المطلق إذا ثبتت درجة الحرارة أثناء هذا التغيير .. أى أنه إذا كان :

t ..... درجة الحرارة = ثابت

V_1 ..... الحجم الابتدائى

V_2 ..... الحجم النهائى

P1 ..... الضغط الابتدائى

P2 ..... الضغط النهائى

t_1 ..... درجة الحرارة الابتدائية

t_2 ..... درجة الحرارة النهائية

$$\therefore \frac{P_1}{P_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

فإن $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$

أو $V_2 . P_2 = V_1 . P_1$

مثال:

إذا ضغط هواء بحيث انخفض حجمه من 150 لتر إلى 12 لتر ، وكان التبريد مؤثرا بحيث لا تتغير درجة الحرارة أثناء الضغط، أوجد الضغط النهائى إذا كان ضغطه المطلق في البداية هو 1.033 bar ؟

الحـــــل

$$\because \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\therefore P_2 = \frac{P_1 . V_1}{V_2}$$

$$\frac{1.033 \times 150}{12} = 12.8 \text{ bar}$$ (ضغط مطلق)

2- **قانون شارل** Charle's Law

(أ) عند ثبوت حجم الغاز فإن ضغطه المطلق يتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارته المطلقة .. أى أنه إذا كان:

V ..... حجم الغاز = ثابت $\therefore \frac{p_1}{p_2} = \frac{t_1}{t_2}$

P_1،t_1 ..... الضغط الابتدائى ، درجة الحرارة الإبتدائية

P_2،t_2 ..... الضغط النهائى ، درجة الحرارة النهائية

مثال:

أوجد الضغط النهائى الذى يملأ اسطوانة هواء تعود لأحد محركات الديزل تحت ضغط 30 bar (مطلق) ، درجة حرارته 70 °C ، عندما تنخفض درجة الحرارة إلى 15 °C .

الحـــــــــل

درجة الحرارة (k) = درجة الحرارة C + 273

حيث k تعنى كلفن.

$t_1 = 70 + 273 = 343\ °K$
$t_2 = 15 + 273 = 288\ °K$

$$\therefore\ P_2 = \frac{30 \times 288}{343} = 25.2\,\text{bar}$$

(ب) يتناسب حجم الغاز تناسباً طردياً مع درجة حرارته المطلقة إذا تمدد أو انكمش تحت ضغط ثابت أى أنه إذا كان :

أ ..... ضغط الغاز = ثابت

$$\frac{V_2}{t_2} = \frac{V_1}{t_1} \qquad \frac{V_1}{V_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

مثال :

يطلق محرك ديزل غازات العادم خلال غلاية ماء مبرد. الغازات تحت ضغط ثابت، فإذا كان حجم الغازات عند دخولها هى $32.4\ m^2$ فى الدقيقة، ودرجة حرارتها عند الدخول 320 °C وعند الخروج 200 °C أوجد حجمها النهائى عند الخروج ؟

الحـــــــل

$t_1 = 320 + 273 = 593\,°K$ كلفن

$t_2 = 200 + 273 = 473°\,K$ كلفن

$$V_2 = \frac{V_1 \bullet t_2}{t_1}$$

$$= \frac{32.4 \times 473}{593} = 25.75\,m^2$$

3- القانون العام للغازات:

تنطبق القوانين النظرية أساساً على الغاز المثالى، ولا تتبع الغازات الفعلية لهذه القوانين بكل دقة، إنما يقترب سلوكها العملى إلى حد كبير من هذه القوانين.

وترتبط خواص الغازات الثلاثة التى يتم قياسها مباشرة وهى الحجم والضغط المطلق، ودرجة الحرارة المطلقة بالقانون العام للغازات التالى:

$$P \,.\, V = M \,.\, R \,.\, T$$

حيث P .... الضغط المطلق للغاز ووحدته bar

V .... حجم الغازات ووحدته m^2

M .... كتلة الغاز ووحدتها Kg

R .... الثابت العام للغازات = 0.287 KJ/Kg

T .... درجة الحرارة المطلقة ووحدتها كلفن K

مثال :

اسطوانة محرك ذات حجم $1.8\,m^2$ وضغط الغاز هو 0.35 bar ودرجة حرارته 80° C . أوجد كتلة الغاز المحصور داخل الاسطوانة.

الحـــــــل

$$P.\, V = M \,.\, R \,.\, T$$

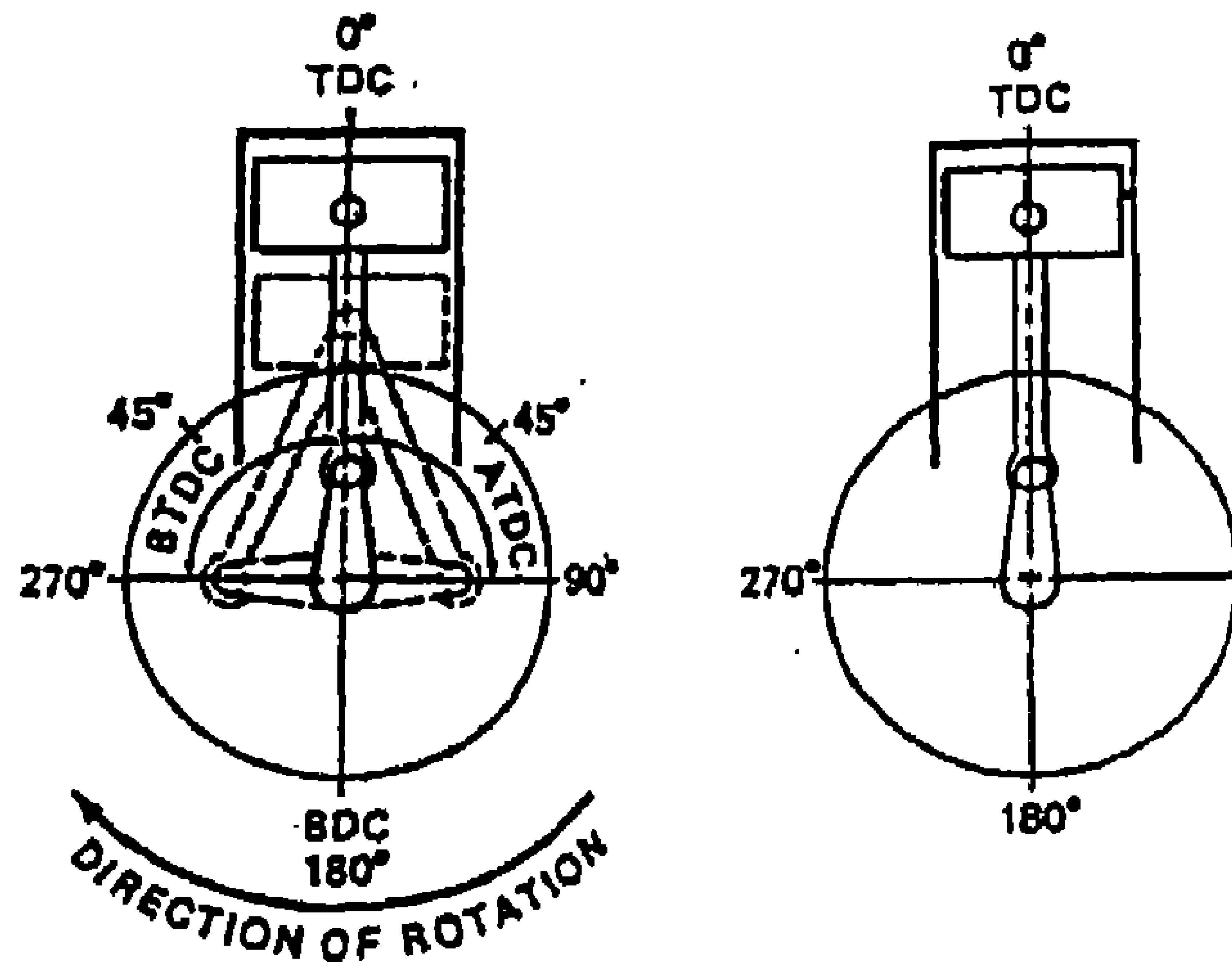
$$M = \frac{P.V}{R.T}$$

$$M = \frac{(1.033 + 0.35) \times 1.8}{0.287 \times (80 + 273)} = 0.0246 \text{ Kg}$$

تعريف النقطتين الميتين العليا والسفلى:

النقطة الميتة العليا (Top dead center) ويرمز لها بالرمز (T.D.C)، والنقطة الميتة السفلى (Bottom dead center) ويرمز لها بالرمز (B.D.C) يستخدم هذين المصطلحين فى التعبير عن موقع المكبس أثناء تحركه الحركة الترددية إلى أعلى وإلى أسفل كالآتى:

1- موقع المكبس أثناء تحركه داخل الاسطوانة وارتفاعه إلى أعلى نقطة، وأساس عمل عمود المرفق وموقعه أيضاً كما هو موضح بشكل (2-3)، حيث يكون الخط أو المحور المار بمركز المكبس يمر على طول ذراع التوصيل ويمر بمركز عمود المرفق، أى على استقامة واحدة، ويعرف موقعه فى هذه الحالة بالرمز (T.D.C) ويلاحظ أن هذه النقطة تقع على قمة الدائرة أى عند (0^o).

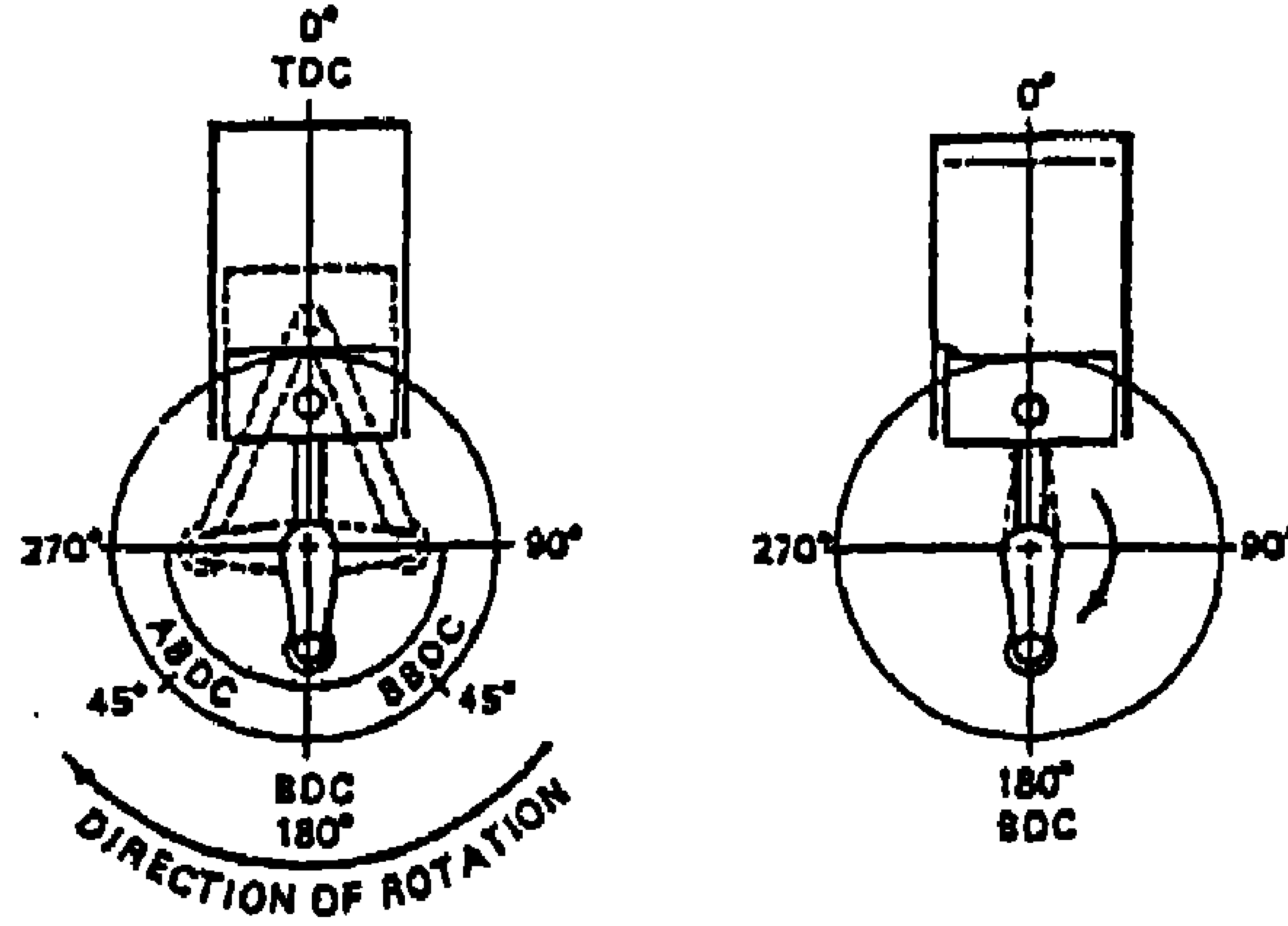


شكل يوضح المكبس عند النقطة الميتة العليا

(أ) المكبس عند نقطة الميتة العليا.

(ب) اتجاه دوران عمود المرفق.

2- عند دوران عمود المرفق °180 يكون المكبس قد تحرك داخل الاسطوانة إلى أسفل للوصول إلى أدنى موقع له، حيث يكون الخط المار من مركز المكبس يمر بذراع التوصيل ومركز عمود المرفق على استقامة واحدة كما هو موضح بشكل (2-4) ، ويعرف موقعه في هذه الحالة بالرمز (B. D. C).



شكل يوضح المكبس عند النقطة الميتة السفلى

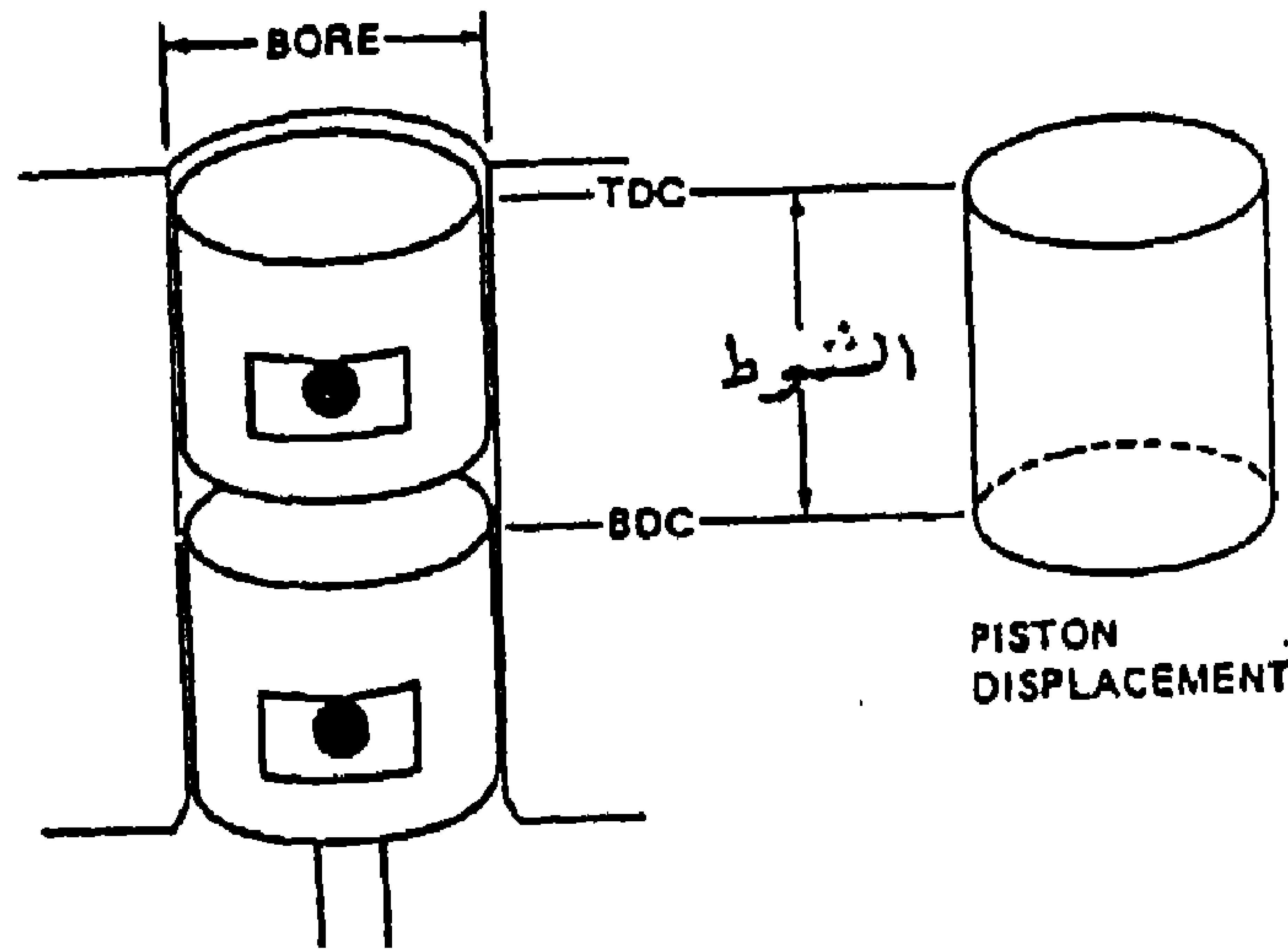
(أ) المكبس عند النقطة الميتة السفلى. (ب) اتجاه دوران عمود المرفق.

تعريف إزاحة المكبس Piston displacement (Vd)

هى حجم الهواء الذى يدفعه المكبس شوط كامل واحدة، وهو المصطلح الذى حجم المحرك ويعبر عنه (cm^3) إلى بال (C.C) (Cubic Centimeter) وأحيانا يقاس حجم المحرك ويعبر عنه باللتر (L) أو بالسنتيمتر المكعب ويمكن حساب إزاحة المكبس من خلال الأبعاد الأساسية، قطر اسطوانة المحرك (bore) بالملليمتر (m m) للحصول على مساحة الاسطوانة بالملليمتر (A, mm^2) ومن الشوط (S) للمكبس كما موضح فى الشكل (2-5).

أى أن إزاحة المكبس **A . s = (Vd)**

S المسافة التى يقطعها المكبس من النقطة الميتة السفلى (B. D. C) إلى النقطة الميتة العليا (T. D. C) بالملليمتر، وتسمى هذه المسافة بالشوط (Stroke).



الشكل (2-5)

إزاحة الكبس

مثال:

اسطوانة بمحرك قطرها 69.85 mm ومسافة الشوط 57.15 mm أوجد حجم الاسطوانة.

الحـــــــل

يمكن الحصول على حجم الاسطوانة من المعادلة الآتية:

V = A . S

حيث V .... حجم الاسطوانة بالمليمتر المكعب (mm^3)

A .... مساحة الاسطوانة بالمليمتر المربع (mm^2)

S .... شوط المكبس بالمليمتر (mm)

الحصول على إزاحة المكبس (p. d) من خلال المعادلة التالية:

حيث Vd .... إزاحة المكبس بالسنتيمتر المكعب (cm^3)

$$Vd = \frac{\pi d^2}{4} \times S \times 10^{3}$$

باعتبار أن المحرك ذو اسطوانة واحدة

$$Vd = \frac{\pi \times (69.85)^2 \times 57.15 \times 10^{-3}}{4}$$

$Vd = 219\ cm^3$

حيث تستخدم 10^{-3} لغرض التحويل من mm^3 إلى cm^3

وفى حالة المحرك ذو الأربعة اسطوانات، فإن الإزاحة ستكون:

$Vd = V . h . 4$
$Vd = 219 * 4 = 876\ cm^3$

نسبة الانضغاط:

تعرف بأنها النسبة ما بين الحجم الكلى (TV) للاسطوانة عند النقطة الميتة السفلى (B. D. C.) ، إلى حجم الاسطوانة عندما يكون المكبس عند النقطة الميتة العليا (T. D. C) ويسمى بحجم الخلوص (CTV).

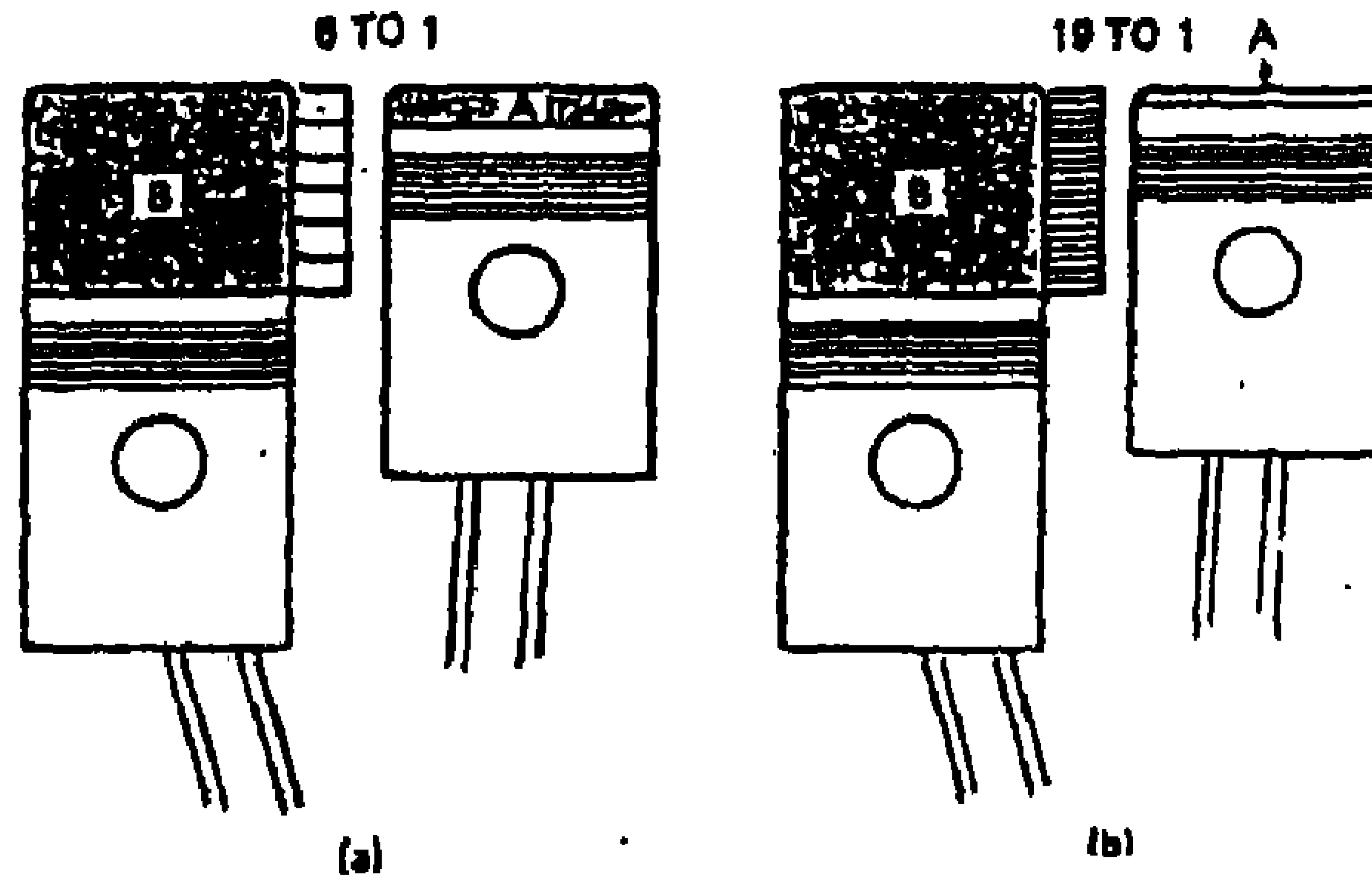
ويوضح شكل (2-6) الحجم الكلى للاسطوانة (TV) الذى يرمز له بالرمز B ، ويرمز لحجم الخلوص (CIV) بالرمز A.

ويمكن الحصول على نسبة الانضغاط (r_c) من خلال المعادلة التالية:

$$r_c = \frac{TV}{CIV}$$

والحجم الكلى للاسطوانة = حجم الإزاحة + حجم الخلوص

$TV = PdV + CIV$



شكل (2-6)

حجم الاسطوانة عند النقطتين (الميتة السفلى والميتة العليا)

ولو فرض أن الحجم الكلى للاسطوانة هو B وحجم الخلوص هو A (كما هو موضح بالشكل السابق رقم 6-2 فإن نسبة الانضغاط (r_c) هى:

$$r_c = \frac{TV}{CIV} = \frac{B}{A}$$

أى أن نسبة الانضغاط (r_c) فى الحالة a كما هو موضح بالشكل السابق هى (6:1) .

أما نسبة الانضغاط (r_c) فى الحالة b هى (19:1).

مثال:

إذا كانت إزاحة المكبس Vd هى $220.48\ cm^3$ وكان حجم الخلوص CIV هو ($44.06\ cm^3$) أوجد نسبة الانضغاط (r_c) ؟

الحـــــل

$$r_c = \frac{Pdv + CIV}{CIV}$$

$$r_c = \frac{220.48 + 44.06}{44.06}$$

$$r_c = 6 : 1$$

السرعة المتوسطة والسرعة القصوى للكباس:

تتغير سرعة الكباس داخل الاسطوانة مع طول الشوط S شكل (2-8) ويعتمد على نوع المحرك وسرعة دوراته n ، وعلاوة على هذا تتغير قيمة السرعة أثناء دورة شغل واحدة وتتراوح بين الصفر وسرعة قصوى.

تستخدم السرعة المتوسطة للكباس = V كأساس فى الحساب، ويجب أن لا تزيد قيمتها عن 14 m/s لأنها تؤثر فى عمر المحرك.

$$V_m = \frac{2.S.n}{60}$$

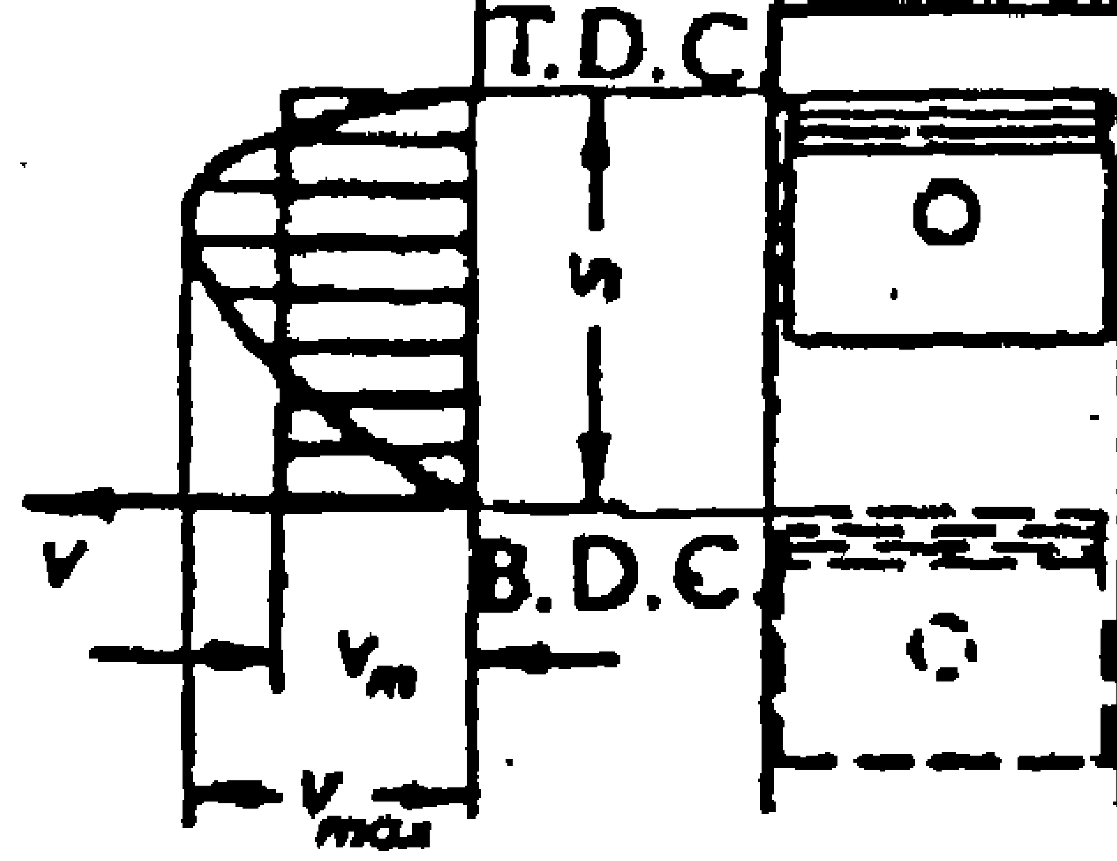
$$V_{max} = 1.6\ Vm$$

حيث Vm .... السرعة المتوسطة للكباس (m/s)

V_{max} .... السرعة القصوى للكباس (m/s)

S .... طول الشوط (M)

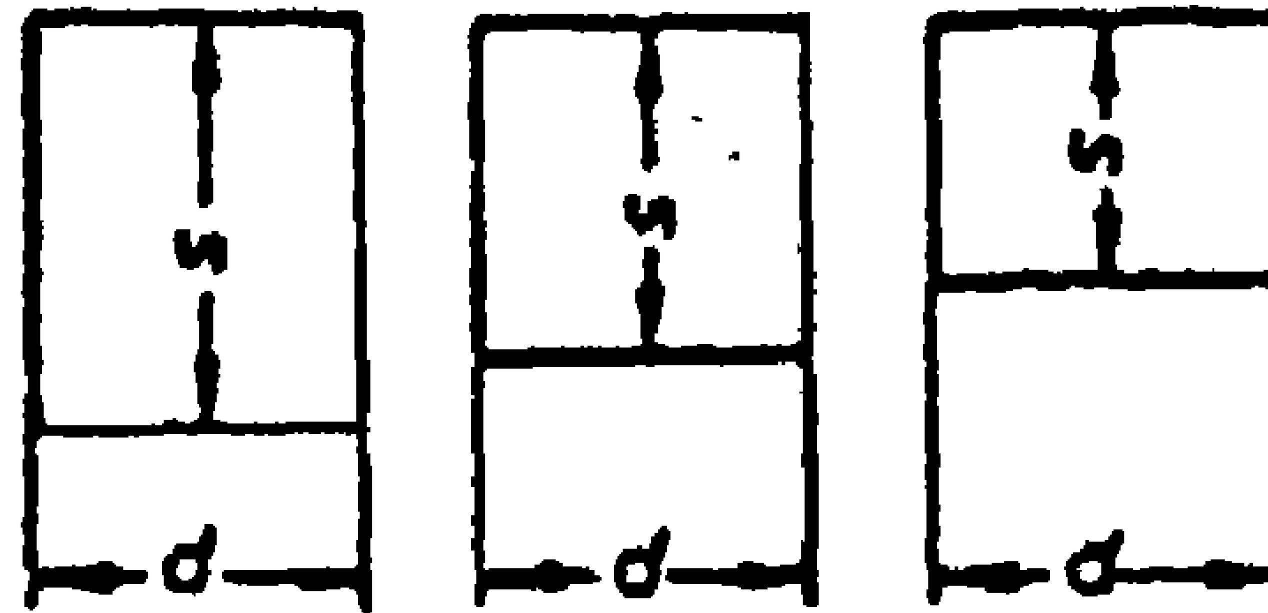
N .... سرعة دوران المحرك (r.p.m)



شكل (8-2) -a

النسبة الشوطية:

النسبة الشوطية تعنى حساب نسبة طول الشوط إلى القطر (Stroke bore ratio) شكل (8-2).



شوط طويل	مربع	شوط قصير
k>1	k=1	k<1

شكل (8-2) -b

$$k = \frac{s}{d}$$

$$\therefore\ d = \frac{s}{k}\ ,\ s = d.k$$

حيث k = نسبة طول الشوط إلى قطر الاسطوانة

S = طول الشوط mm

d = قطر الاسطوانة

ملاحظة:

تتراوح قيمة k ما بين 0.6 و 1.5

معادلات الاحتراق Combustion Equation

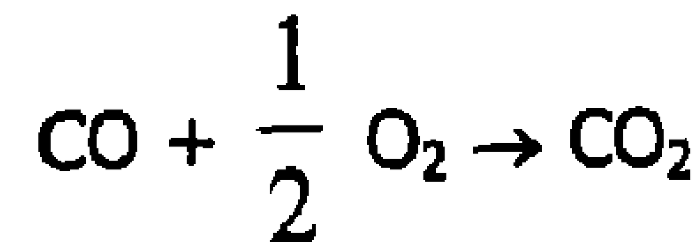
إن مزيج الهواء والوقود يتعرض للاحتراق بسبب درجة الحرارة العالية داخل الاسطوانة هذا بالنسبة لمحركات الديزل أو بسبب الشرارة لمحركات البنزين. إن المواد المتفاعلة تقاس كمياتها بالمول وما هو المول ؟ هو وحدة قياس كمية الجزيئات وهو كمية المادة الحاوية على ذرات كيلومول أو رقم المول يسمى ثابت أفوكادرو وقيمته 6.023×10^{26} ذرة / كيلو مول.

إذاً التفاعل يتم ما بين جزيئين من أول أكسيد الكربون (CO) وجزئ الأوكسجين (O_2) لتكوين جزيئين من ثانى أكسيد الكربون (CO_2).

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

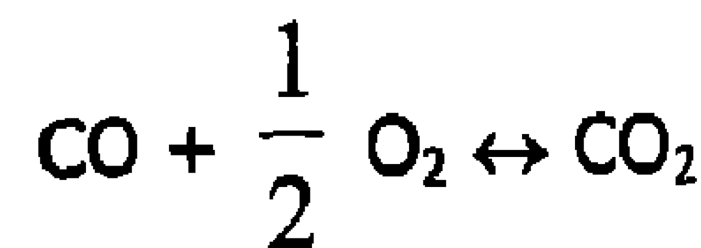
المعادلة هى عملية تحويل المادة أى عملية تحويل عدد من الذرات.

ولكن من المناسب اعتبار وحدة كمية الوقود للحظة معينة كيلومول وعليه يمكن كتابة المعادلة السابقة بوحدات الكيلومولات



$$CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$$

ولما كان التفاعل السابق قابل للرجوع بعد التحليل أى يتحلل جزئ ثانى أكسيد الكربون إلى أكسيد وأول أكسيد الكربون وعليه ستصبح المعادلة:



$$CO + \frac{1}{2} O_2 \leftrightarrow CO_2$$

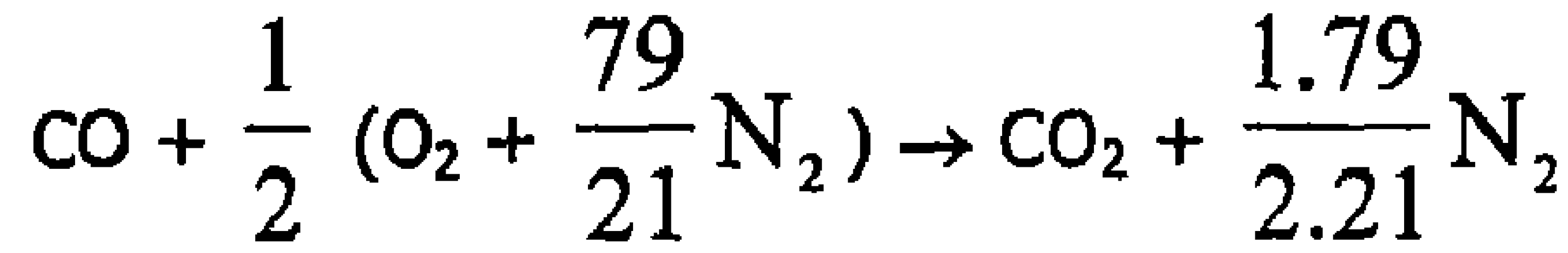
إن عملية التحلل هى مهمة جدا لمحركات الاحتراق الداخلى حيث يعد ذلك لا يتوفر دائما الوقت الكافى للتوازن. الوقود عادة يحترق مع الهواء الذى لديه التركيب التالى:

Molar 21% O_2 , 79% N_2

بواسطة الكتلة بالمولات (الكتلة تحتوى كيلومولات من الجزيئات)

O_2 31.9 Kg/K mol ; N_2 28.013 Kg/K mol

عند احتراق أول أكسيد الكربون مع الهواء (بالكيلو مول)



$$CO + \frac{1}{2}(O_2 + \frac{79}{21}N_2) \rightarrow CO_2 + \frac{1.79}{2.21}N_2$$

عملية احتراق الوقود:

هى عملية أكسدة ناتجها من تحول الطاقة الكيميائية للوقود إلى وقودية، ثم بعد ذلك تصحب العملية تمدد وبالتالى تنجز طاقة ميكانيكية أو عملاً ميكانيكياً وعليه إن عملية الإحتراق والتمدد تعتبران من أهم العمليات فى الدورة العاملة لمحركات الاحتراق الداخلى وعليها تعتمد كل المعاملات الاقتصادية والطاقة للمحرك.

عند احتراق 1 كغم من الوقود وهو يتألف من الكربون C والهيدروجين H_2 والأوكسجين O_2 تتطلب العملية كمية من الأوكسجين.

$$O_0 = \frac{8}{3}C + 8H - O_m \ \frac{KgO_2}{Kg}$$

$$O_0 = \frac{C}{12} + \frac{11}{4} - \frac{O_m}{32} \frac{K\,mol\,O_2}{Kg}$$

إذا اعتبرنا من المعادلات السابقة أن الهواء يدخل فى الاسطوانة بكتلة 23% أو بحجم 21% من الأوكسجين.

نظرياً كمية الهواء لحرق 1 كغم من الوقود من المعادلة التالية:

$$L_0 = \frac{1}{0.23}(\frac{8}{3}C + 8H - O_m) \ \frac{Kg\ \text{هواء}}{Kg\ \text{وقود}}$$

أو:

$$L_0 = \frac{1}{0.21}(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_m}{32})$$

العلاقة ما بين الكتل والحجوم تتمثل فى المعادلة التالية:

$L'_0 = m\, L_0$ ، حيث m كتلة الهواء بالمولات.

ولكن عملياً تصرف كمية من الهواء لـ 1 كغم من الوقود تختلف عن الحسابات النظرية المطلوبة. كمية الهواء ($\dot{L}$) المتواجدة في الاسطوانة فعلياً إلى (L_0) وهي كمية الهواء المحسوبة نظرياً المطلوبة للاحتراق التام لـ 1 كغم من الوقود تسمى هذه النسبة معامل الهواء الزائد $\alpha = \frac{L'}{L_0}$ ، عندما $\alpha = 1$ يكون الاحتراق مثالي.

أمثلة وتمارين على حساب الحجم الشوطي

مثال:

محرك ذو أربع اسطوانات، قطر كل اسطوانة d = 82 mm وطول الشوط = S
80 mm . احسب الآتي:

(أ) مساحة مقطع الاسطوانة A

(ب) الحجم الشوطي للاسطوانة الواحدة V_{cy}

(ج) الحجم الشوطي الكلي للمحرك V_s

المعطيات : z = 4.5 = 80 mm , d = 82 mm

المطلوب:

(أ) A = ? cm2 (ب) Vcy = ? cm3 (ج) Vs = ? cm3

الحـــــــــل

(أ) $$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{(8.2\text{cm})^2 \pi}{4} = 52.81 \text{ cm}^2$$

(ب) $Vcy = A.s = 52.81 \text{ cm}^2 . 8 \text{ cm} = 422.48 \text{ cm}^3$

(ج) $Vs = Vcy.z = 422.48 \text{ cm}^3 . 4 = 1689.9 \text{ cm}^3$ 1.69 lit

تمارين

1- احسب الحجم الشوطى الكلى بوحدة cm^3 لمحرك ذو أربع اسطوانات إذا كانت قطر الاسطوانة 86 mm وطول الشوط 79 mm ؟

2- (أ) احسب الحجم الشوطى الكلى لمحركات السيارات المدونة أبعادها فى الجدول التالى:

(ب) كم تبلغ نسب أبعاد طول الشوط إلى قطر الاسطوانة ؟

	أ	ب	ج	د	هـ	و
عدد الاسطوانات	4	8	12	1	6	3
القطر (mm)	52	73	92	40	130	115
طول الشوط (mm)	67	118	100	39	170	140

3- كم يبلغ الحجم الشوطى لمحرك ثنائى الأشواط ذو اسطوانة واحدة إذا كان قطر الاسطوانة 62 mm وطول لاشوط 54 mm ؟

4- محرك ذو ست اسطوانات قطر كل منها 58 mm والحجم الشوطى الكلى / 1 490 cm^3 احسب طول الشوط بوحدة mm .

5- كم يبلغ القطر الداخلى لكل اسطوانة خاصة بمحرك ذو 12 اسطوانة إذا كان الحجم الشوطى الكلى يساوى $2562.5\ cm^2$ وطول الشوط 58.8 mm.

6- يبلغ الحجم الشوطى الكلى لمحرك سيارة ذو اسطوانتين 0.750 lit . احسب قطر الاسطوانة إذا كان طول الشوط 88 mm .

أمثلة وتمارين على حساب نسبة الانضغاط

مثال:

يبلغ الحجم الشوطى الكلى لمحرك ذو أربع اسطوانات $Vs = 1488cm^3$ وحجم حيز الانضغاط $Vc = 62\ cm^3$. كم يبلغ نسبة الانضغاط لهذا المحرك ؟

المعطيات : $Vc = 62\ cm^3 ,\ Vs = 1488\ cm^3$

المطلوب: نسبة الانضغاط.

الحـــــــــل

$$V_{cy} = \frac{V_s}{z} = \frac{1488\,cm^3}{4} = 372\,cm^3$$

$$r_c = \frac{V_{cy} + V_c}{V_c} = \frac{372cm^3 + 62cm^3}{62cm^3} = \frac{434cm^3}{62cm^3} = \frac{7}{1} = 7{:}1 = 7$$

1- يبلغ الحجم الشوطى الكلى لمحرك ذى اسطوانة واحدة خاص بدراجة نارية $125cm^3$ احسب حجم حيز الانضغاط V_c إذا كانت نسبة الانضغاط 1 : 6؟

2- محرك ذو اسطوانتين يبلغ حجم شوطه الكلى $688\ cm^3$ ونسبة انضغاطه 1 : 6.3

(أ) كم يبلغ حجم حيز الانضغاط ؟

(ب) كم يبلغ الحجم الأقصى لحيز الاحتراق ؟

3- محرك ذو أربع اسطوانات يبلغ حجم شوطه الكلى $Vs = 760\ cm^3$ ونسبة الانضغاط 1 : 6.7 ، وجد بالمعايرة المترية بواسطة الزيت أن حجم الانضغاط يساوى $33\ cm^3$. حدد صحة نسبة الانضغاط ؟

4- محرك سيارة ذو أربع اسطوانات ، يبلغ قطر كل اسطوانة 80 mm وطول الشوط 82 mm . احسب حجم حيز الانضغاط إذا كانت نسبة الانضغاط تبلغ 1 : 6.1 ؟

5- يبلغ الحجم الكلى لأحد اسطوانات سيارة شاحنة صغيرة $288\ cm^3$ وحيز الانضغاط

51.5 cm^3 . احسب نسبة انضغاط محرك السيارة ؟

6- وجد بالمعايرة اللترية أن حجم حيز الانضغاط لمحرك شاحنة يبلغ 46 cm^3. فإذا بلغ الحجم الشوطى الكلى للمحرك 7.1131 cm^3 أوجد الآتى:

(أ) نسبة انضغاط المحرك.

(ب) الحيز الأقصى لحيز الاحتراق.

7- يبلغ حجم حيز الانضغاط لاسطوانة محرك 29 cm^3 ونسبة الانضغاط 6.5:1 أوجد الحجم الشوطى ؟

الهواء اللازم للاحتراق والكفاءة الحجمية للمحرك (درجة الامتلاء):

يحتاج الوقود إلى كمية محددة من الهواء لكى يتم احتراقه احتراقا كاملاً، حيث يحصل على أقل استهلاك للوقود عند نسبة هواء زائد تبلغ 10% ونحصل على أكبر قدرة عند نسبة هواء ناقص تبلغ ما بين 5% و 10% (قياساً بكمية الهواء النظرى المطلوب لاحتراق الوقود احتراقاً كاملاً).

كثافة الهواء $\rho = 1.29 kg/m^3$

لا يستطيع الكباس طرد الغازات المحترقة بكاملها من داخل الاسطوانة بل يتبقى دواماً جزء منها يحول دون امتلاء. الاسطوانة بالمزيج المناسب من الوقود والهواء. وتعرف الكفاية الحجمية للمحرك بأنها النسبة بين كمية الخليط الغازى الجديد الممتص الجديد إلى الكمية النظرية للشحنة.

$$\lambda t = \frac{ma}{mth.1}$$

حيث λt ... الكفاية الحجمية.

Ma ... كمية الخليط الغازى (الحر) الممتص (Kg)

Mth.1 ... كمية الخليط الغازى النظرية التى تملأ حجم الشوط (Kg)

$$m_a = \lambda t . m_{th} .1$$

أمثلة وتمارين على السرعة المتوسطة للكباس

مثال:

يبلغ سرعة دوران محرك بنزين 4000 r.p.m وطول شوطة 76 mm . أوجد الآتى:

أ. السرعة المتوسطة للكباس.

ب. السرعة القصوى للكباس.

المعطيات: S = 76 mm , n = 4000 r.p.m

المطلوب: (أ) v_m = ? M/s

(ب) v_{max} = ? M/s

الحـــــــــل

$$V_m = \frac{2.s.n}{60} = \frac{2.0.07m.40000r.p.m}{60s/min} = 10.13m/s$$

$$V_{max} = 1.6.Vm = 1.6 \quad . 10.13\ m/s = 16.2\ m/s$$

تمارين:

1- أوجد السرعة المتوسطة للكباس لمحرك شاحنة، إذا كانت سرعة دوران المحرك 2800 r.p.m وطول الشوط 105 mm ؟

2- حدد القيم الناقصة فى الجدول التالى:

محرك	أ	ب	ج	د	هـ
سرعة دوران المحرك (r.p.m)	5000	1600	5700	?	12000
طول الشوط (mm)	66.8	180	?	80	45
السرعة المتوسطة للكباس (m/s)	?	?	12.54	12.5	?
السرعة المتوسطة للكباس (m/s)	?	?	?	?	?

أمثلة وتمارين على حساب الهواء اللازم للاحتراق والكفاية الحجمية

مثال:

كم m^3 من الهواء تحتاجها سيارة لقطع مسافة 100 km إذا كان متوسط استهلاكها للوقود 100 km هو 8.5 lit ؟

(كثافة البنزين 0.7 kg/L ، نسبة الهواء الزائدة 10%)

الحـــــــل

كتلة البنزين ..... m = v. Q = 8.5/0.71 kg/L = 6.035 kg

1kg بنزين يحتاج إلى.. $11.6\ m^3 + 10\% = 11.6m^3 + 1.16\ m^3\ 12.67m^3$

6.035 kg بنزين تحتاج إلى .. هواء $6.035 * 12.76\ m^3 = 76.996\ m^3$

تمارين

1- احسب كمية الهواء اللازمة لقطع مسافة 750 km بمتوسط استهلاك لوقود ديزل يبلغ 5.41/100 kg ، علما بأن كثافة الوقود 0.84 kg/l ، نسبة الهواء الناقص 2% .

2- ما هى كمية الهواء اللازمة لقطع مسافة 100 km بالمركبات التالية:

(أ) سيارة تستهلك وقود البنزين بمتوسط استهلاك يبلغ 11 L/ 100 km علماً بأن كثافة البنزين 0.74 kg/L .

(ب) دراجة نارية تستخدم خليط من الوقود والزيت بمتوسط استهلاك يبلغ 2.9 L/100 Km علما بأن كثافة الخليط 0.80 kg/L .

الفصل الثانى

مواصفات وأنواع محركات الاحتراق الداخلى

Description and Types of Internal Combustion Engines

مواصفات المحرك

المواصفات هى الصفات التى يتميز بها المحرك ويعرف بالنسبة لغيره، وتحتاج المصانع المنتجة لمحركات الاحتراق الداخلى من عملائها لهذه المواصفات قبل البدء فى تصنيع الكميات المطلوبة، لكى تكون المحركات مطابقة للأغراض المطلوبة من أجلها، وتتلخص هذه المواصفات فى الآتى:

1- دورة التشغيل: أما أن تكون محركات ذات شوطين، أو محركات ذات أربعة أشواط.

2- عدد الاسطوانات: أما محركات ذات اسطوانة واحدة، أو محركات ذات اسواطنتين، أو محركات ذات أربعة اسطوانات ... وهكذا.

3- دورة الاحتراق: أما محركات تعمل على نظام دورة أوتو، أى دورة الحجم الثابت، أو محركات تعمل على نظام دورة ديزل، أى دورة الضغط الثابت.

4- ترتيب الاسطوانات: أما محركات رأسية الوضع، أو محركات أفقية الوضع، مفردة التأثير، أو مزدوجة التأثير.

5- الاستعمال: أما متنقلة مثل المحركات المستعملة فى السيارات - الجرارات البواخر - الطائرات ، أو ثابتة كالمحركات المستعملة فى محات القوى الكهربائية ... وما شابهها.

6- الوقود المستعمل: غاز - زيت - بنزين - نفط ..... الخ، علما بأنه يرجع بأن نوع الوقود المستعمل، هو من أهم العوامل التى تميز محركات الاحتراق الداخلى عن بعضها البعض.

7- طريقة دخول الوقود: بالمغذى - بالحقن الجاف - بالحقن الهوائى.

تصميم المحركات رباعية الأشواط:

تكتفى المركبات الآتية صغيرة القدرة مثل الدراجات النارية الصغيرة بمحركات ذى اسطوانة واحدة، وتعمل هذه المحركات عادة تبعاً لدورة ثنائية الأشواط. وتستعمل المحركات أحادية الأسطوانة لدورة رباعية الأشواط فى الجرارات، أما فى القدرات الكبيرة فتستعمل محركات متعددة الاسطونات، ويرفع عدد الاسطوانات تنخفض كتل الموازنة بعمود المرفق، وتتحسن الكفاية الحجمية وسرعة الاحتراق، كما تؤدى إلى إمكانيات للتبريد أفضل.

وتنقسم المحركات تبعاً لترتيب أسطواناتها كما يلى:

1- محركات مستقيمة (In Line Engines) وترتب فيها الاسطوانات فى صف واحد.
2- محركات متقابلة الاسطوانات (Opposed Cylinder Engines) وترتب فيها الاسطوانات بحيث يكون كل زوج فيها فى وضع متقابل.
3- محركات على شكل حرف V (V – Engines) وترتب فيها الاسطوانات بحيث تصنع فيما بينها (بين محاورها) زاوية قدرها 60° أو 90° .

المحرك أحادى الاسطوانة:

يستعمل المحرك أحادى الاسطوانة الموضح بشكل (3-22) فى الدراجات النارية الصغيرة أو عند الحاجة إلى قدرات صغيرة.

مميزاته:

1- تصميم بسيط.
2- رخيص الثمن نتيجة لانخفاض عدد أجزائه.

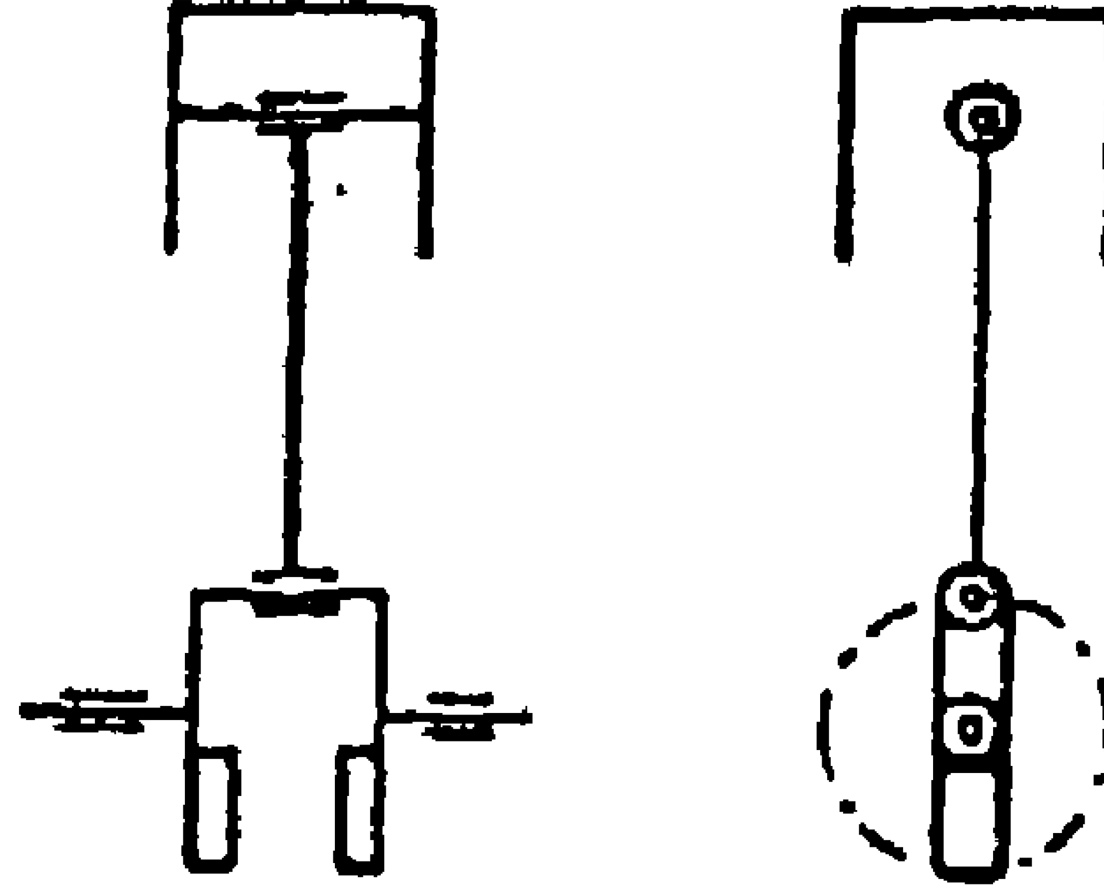
عيوبه:

1- قدرته المحدودة.
2- ورانه المضطرب.
3- ينجز شوط قدرة واحد لكل دورتين من دورات عمود المرفق.

4- البعد الزاوى للاشتعال (البعد بين شرارتين متتاليتين) 720°.

5- كبر أثقال الموازنة.

6- كبر كتلة الحذافة اللازمة لموازنة المحرك.

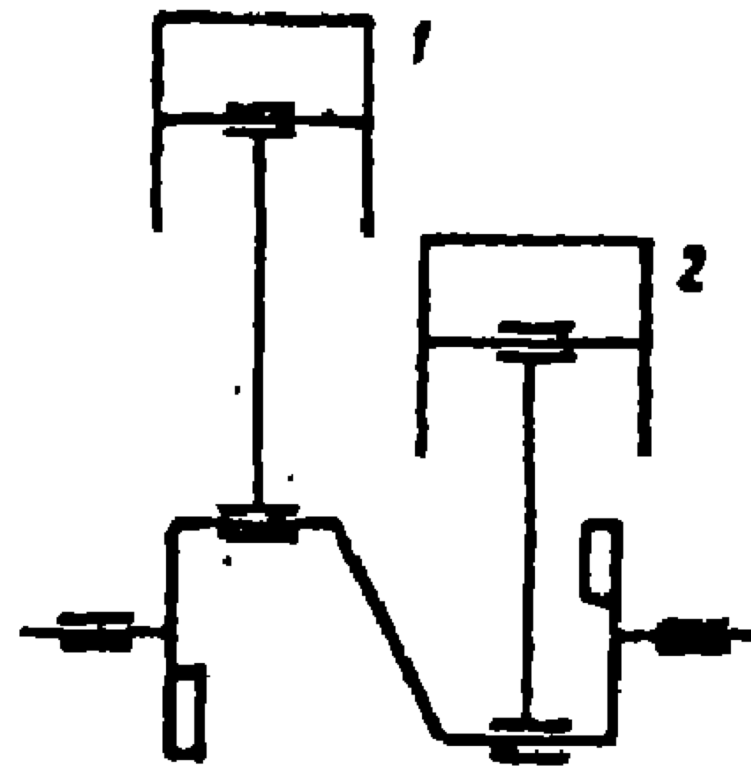


شكل (2-9) المحرك أحادى الاسطوانة

الاسطوانة	الأشواط			
اسطوانة واحدة	التشغيل	العادم	السحب	الانضغاط
زاوية عمود المرفق	0°	180°	360°	720°

المحرك المستقيم ثنائى الاسطوانات:

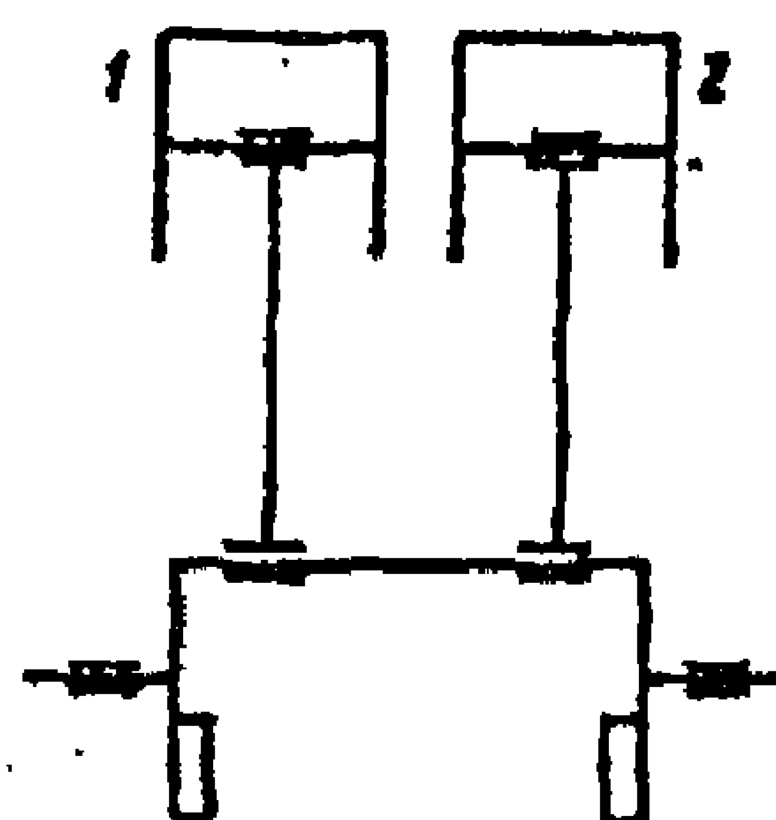
المحرك المستقيم الثنائى الاسطوانات هو محرك ذو عمود مرفق ثنائى الحذفة شكل 10-2 يمتاز هذا المحرك بالتوازن الجيد للكتل، أما عيوبه فهو عدم انتظام الدوران، ويعقب كل شوطين شغل شوطين خاليين، البعد الزاوى بين كل شرارتين بالزاوية هو 180°، 450° .



شكل (2-10) المحرك المستقيم ثنائى الاسطوانات

الاسطوانة	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
اسطوانة واحدة	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب
زاوية عمود المرفق	0°	180°	450°	720°

كما يوجد محرك مستقيم ذو اسطوانتين وعمود مرفق لحذافة واحدة كما هو موضح بشكل 2-11 دوران المحرك منتظم، البعد الزاوى بين كل شرارتين بالزاوية المرفقة 360° ، إلا أن عيبه يكمن فى حاجته إلى كتل موازنة كبيرة.

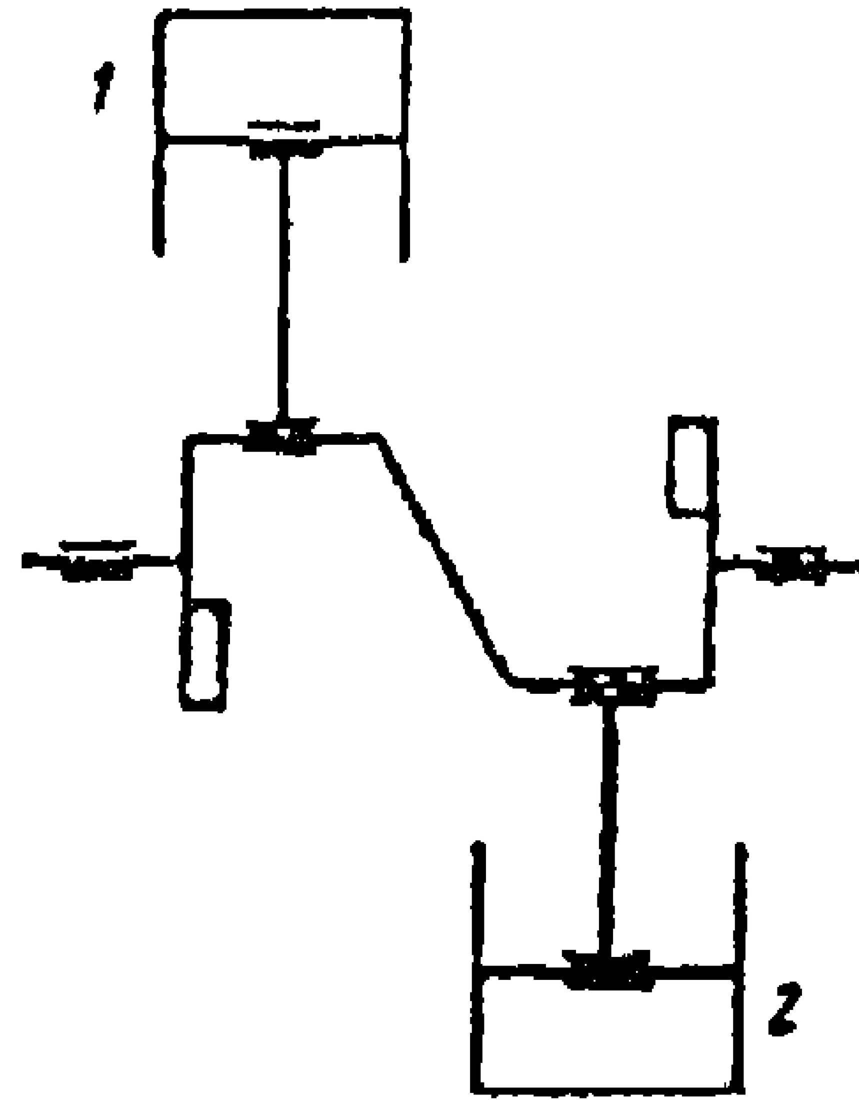


شكل (2-11) محرك مستقيم ذو اسطوانتين وعمود مرفق بحذفة واحدة

الاسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الاسطوانة الثانية	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم
زاوية المرفق	0°	360°	560°	720°

المحرك ذو الاسطوانتين المتقابلتين:

يتميز المحرك ذو الاسطوانتين المتقابلتين الموضح بشكل 3-25 بانتظام دوراته وجودة توازن كتله .. لذلك تصمم المحركات ثنائية الاسطوانات غالبا كمحركات متقابلة الاسطوانات.



شكل (2-12) المحرك ذو الاسطوانتين المتقابلتين

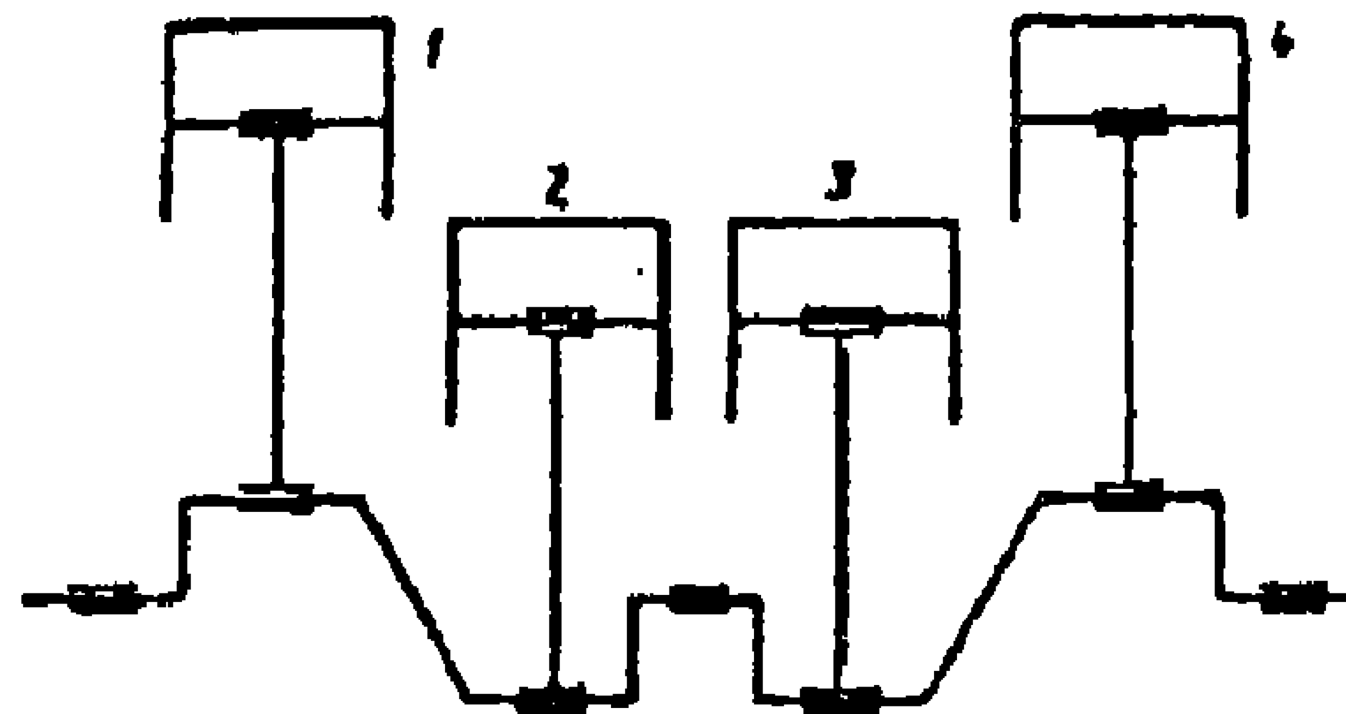
الاسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الاسطوانة الثانية	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم
زاوية المرفق	0° 180°	360°	540°	720°

المحرك المستقيم رباعى الأشواط:

نحدد حذافات عمود المرفق تتابع الأشغال فى هذا المحرك، والنسبة للترتيب الموضح شكل 3-26 فإن الاشتعال يمكن أن يتم وفقا لأحد التتابعين التاليين:

(1-3-4-2) أو (1-3-2-4)

يؤدى هذا الترتيب إلى دوران هادئ للمحرك (البعد الزاوى بين كل شرارتين بالزوايا المرفقة 180°) ، كما يؤدى إلى توازن جيد للكتل ... لذلك يعتبر هذا المحرك من أكثر التصميمات انتشارا.

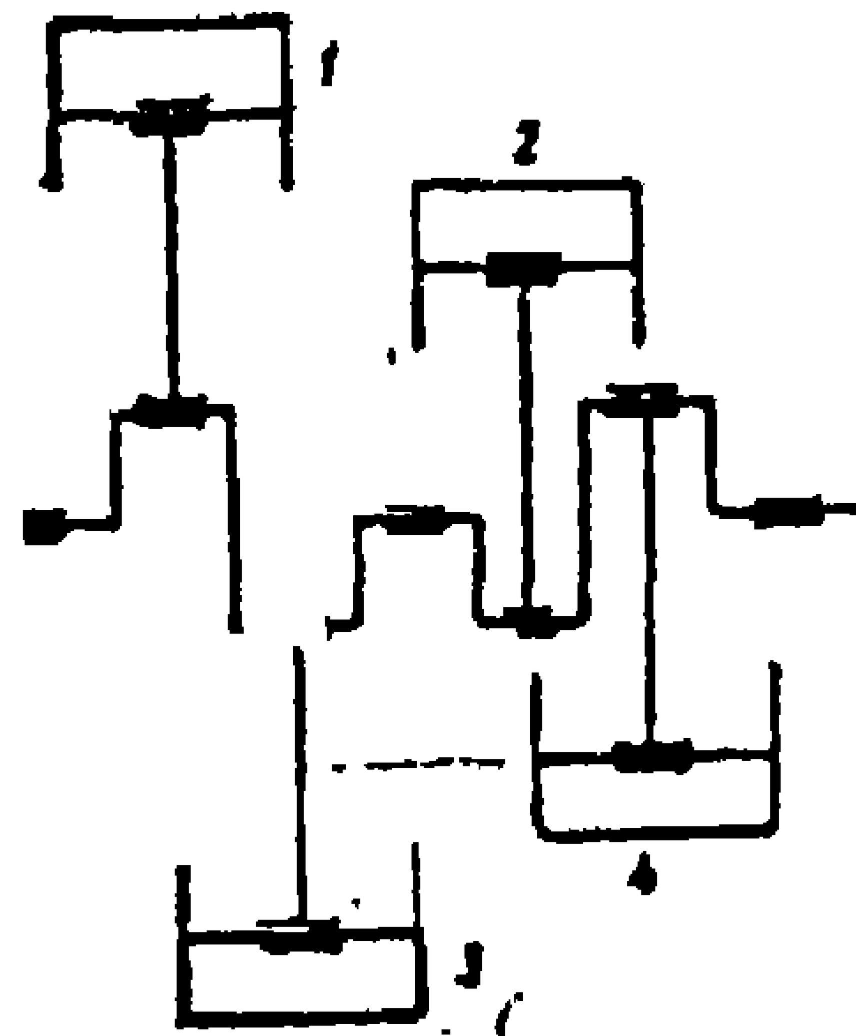


شكل (2-13) المحرك المستقيم رباعى الأشواط

الاسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الاسطوانة الثانية	العادم	سحب	انضغاط	شغل
الاسطوانة الثالثة	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب
الاسطوانة الرابعة	السحب	انضغاط	الشغل	عادم
زاوية المرفق	0° 180°	360°	540°	720°

المحرك رباعي الاسطوانات المتقابلة:

تتابع الاشتعال لهذا المحرك هو (3-4-2-1) شكل (2-15) ويتميز هذا المحرك بهدوء دورانه، (زمن التوقيت الزاوى بين كل شرارتين بالزوايا المرفقية هو 180°) ، كما أن توازن الكتل به جيد، ويناسب هذا الترتيب من تصميم محرك قصير التبريد بالهواء.



الشكل (2-14) محرك رباعي الاسطوانات المتقابلة

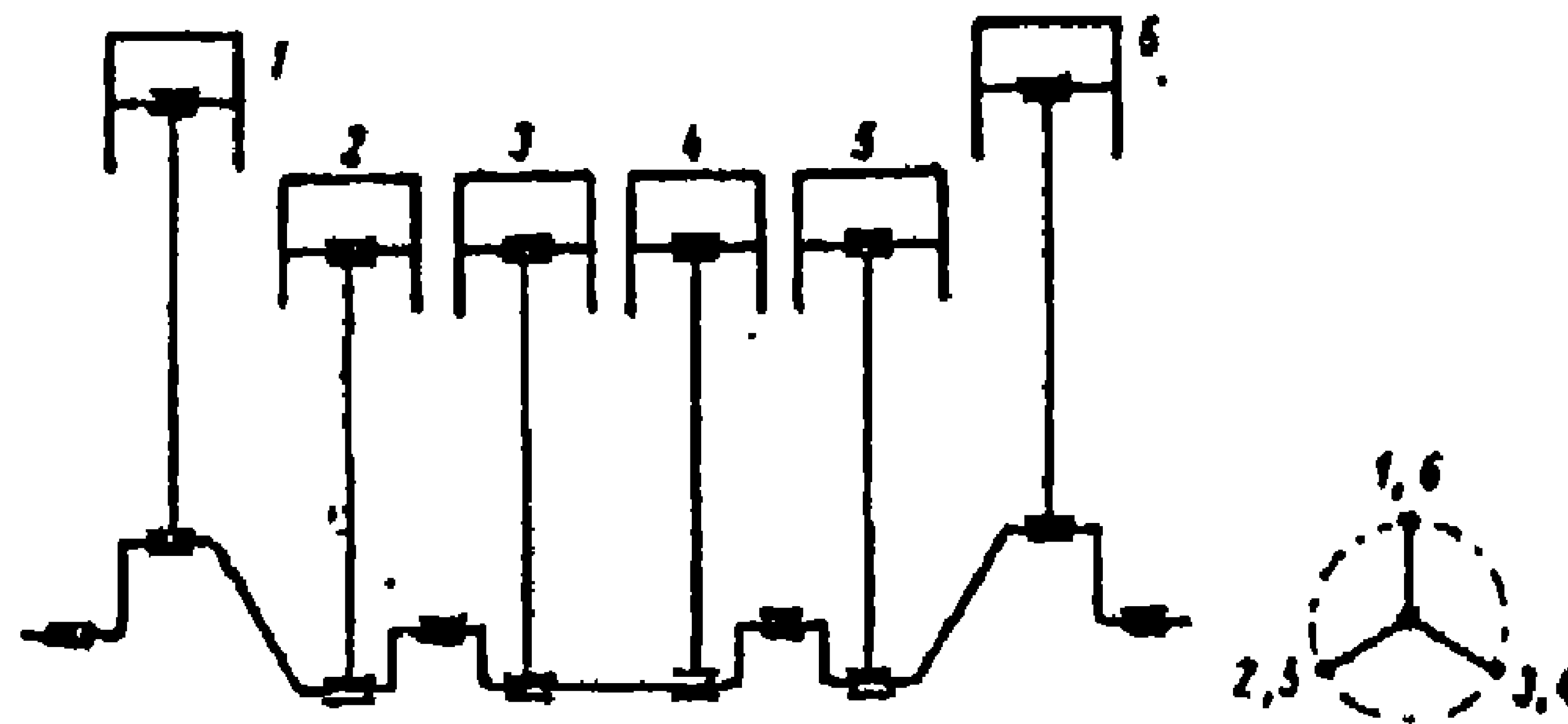
الاسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الاسطوانة الثانية	العادم	سحب	انضغاط	الشغل
الاسطوانة الثالثة	السحب	الانضغاط	الشغل	الغادم
الاسطوانة الرابعة	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب
زاوية المرفق	0° 180°	360°	540°	720°

المحرك المستقيم سداسي الاسطوانات:

تصمم المحركات التى تزيد سعتها عن 21 عادة بست (6) اسطوانات، وترتب هذه الاسطوانات فى خط مستقيم، بينما تكون حذفات عمود المرفق مزاحة عن بعضها البعض بزاوية قدرها 120° شكل (3-29) ما تتابع الاشتعال المألوف فى هذه المحركات فهو:

(1-5-3-6-2-4) ، وتمتاز هذه المحركات بهدوء دورانها.

يبلغ البعد الزاوى بين كل إشعالين متتاليين 120° (زاوية مرفقية)، ويكون دوران المحرك لهذا السبب منتظماً وهادئاً جداً، وعيب هذا التصميم هو كبر طول المحرك.



الشكل (2-15) المحرك سداسى الاسطوانات مستقيم

الاسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط	
الاسطوانة الثانية	العادم	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم
الاسطوانة الثالثة	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب
الاسطوانة الرابعة	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط	الشغل
الاسطوانة الخامسة	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الاسطوانة السادسة	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم	
زاوية المرفق	720° 600° 480° 360° 240° 120° 0° 650° 540° 420° 300° -180° 60°				

المحرك حرف V ذو الثمانى اسطوانات:

تستعمل المحركات ذات الثمانية اسطوانات عند الحاجة إلى قدرات كبيرة، ومن الطبيعى أن تكون هذه المحركات طويلة جدا فى حالة صناعية اسطوانتها فى صف واحد. لذلك فهى تصمم على شكل حرف V ، وتوضع كل أربعة اسطوانات فى صف وتبلغ الزاوية بين صفى الاسطوانات من 60° إلى 90° ويكون لهذا المحرك عمود مرفق واحد، ويركب على كل حذفة من حذافات ذراع التوصيل، وتكون هذه الحذفات التى تقع فى مستوى واحد مزاحة بزاوية قدرها 180° .

وقد بدأ منذ بضع سنوات إنتاج محركات على شكل حرف V ذات الأربع والست اسطوانات.

الفصل الثالث

الدورات الحرارية Thermal cycles

الدورات الحرارية النظرية والحقيقية للمحركات الترددية الرباعية والثنائية الأشواط

الحرارة والشغل نوعان من الطاقة، وفى الإمكان تحويل أحدهما إلى الآخر، حيث أن المحركات الحرارية هى الوسيلة التى تستخدم فى تحويل الطاقة الحرارية للوقود إلى شغل ميكانيكى ينتفع به، ولإتمام ذلك لابد من استخدام مادة تعرف بأنها مادة التشغيل كوسيط لإجراء عدة عمليات عليها لإحداث التغيرات فى درجة حرارتها، وتعرف الدورة الكاملة لهذه التغيرات بالدورة الحرارية.

ففى المحرك البخارى يعمل الماء كمادة تشغيل، فيكتسب الحرارة من الوقود فى المرجل، ويتحول إلى بخار ويحدث فيه عدة تغيرات داخل الاسطوانة والمكثف، حيث يعود إلى حالته الأصلية (ماء) وبذلك تتم الدورة الحرارية، وينشأ عن ذلك الشغل الميكانيكى المفيد.

وفى محركات الاحتراق الداخلى، يقوم الهواء بوظيفة مادة التشغيل، فيكتسب الحرارة باحتراق الوقود داخل اسطوانة المحرك، وبعد أن تجرى عدة تغيرات والحصول على الشغل الميكانيكى المفيد، يطرد من الاسطوانة، إذ لا يمكن الانتفاع به من جديد، وتتكرر هذه الدورة فى المحرك باستعمال شحنة جديدة من الهواء.

وتتكون الدورة الحرارية لمحركات الاحتراق الداخلى من أربع عمليات هامة هى:

1- عملية انضغاط مادة التشغيل أدياباتيكيا.

2- عملية اكتساب مادة التشغيل للحرارة عند ضغط مرتفع.

وتطرد الغازات العادمة عند ضغط PO ، ولكن عمليا تكون درجة حرارتها أكبر من To ، أى أن هناك خسارة فى الطاقة (الشغل)، ولتحقيق أكبر شغل ممكن للاستفادة من العمليات داخل المحرك لغرض خروج الغازات العادمة من المحرك عند درجة حرارة To.

وبصورة عامة توضح الدراسات أن الشغل الناتج من محرك ذو شحنات هوائية منتظمة، يكون ذو طاقة إنتاجية، وهو مثال غير قابل للرجوع فى عمله، غير مغلق فى دورة عملياته.

ويمكن الحصول على الشغل الناتج بالمحرك من المعادلة التالية:

$$W_{REV} = G_{RO} - G_{PO}$$

حيث W_{REV} ... الشغل الناتج من التفاعل الكيميائى ووحدة قياسه هو الجول (j)

GRO ... هى دالة جبس (Gibbs) للمواد المتفاعلة عند (PO, To).

GPO ... هى دالة جبس (Gibbs) للمواد الناتجة عند (PO . To).

ويستخدم E_{REV} كأساس للمقارنة مع الشغل الحقيقى أو الفعلى الناتج من محرك الاحتراق الداخلى، وهذا يؤدى إلى وضع نسبة الكفاءة كما فى المعادلة التالية:

$$\eta R = \frac{W}{W_{REV}}$$

حيث η ... هى الكفاءة النسبية للمحرك.

W ... الشغل الفعلى الناتج من عمل المحرك.

وتعتبر الكفاءة النسبية هى الكفاءة الحرارية إذا أمكن استخدام هذا التعبير لكفاءة الدورة الحرارية فى جهاز دورى.

3- إنتشار مادة التشغيل أدياباتيكا.

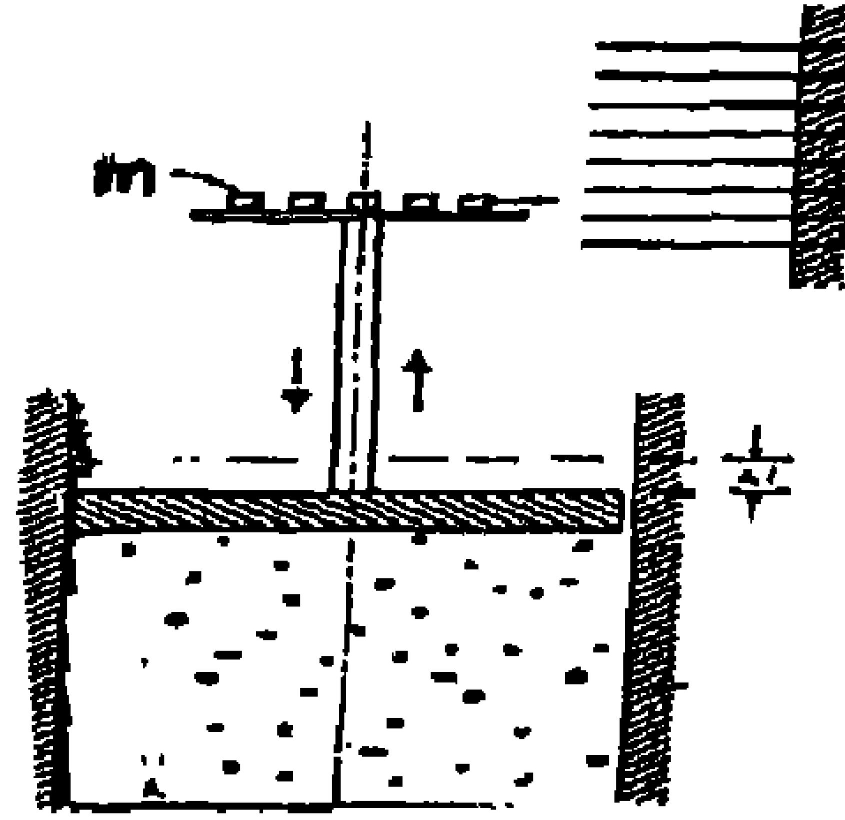
4- عملية طرد جزء من الحرارة عند ضغط منخفض إلى أن يصل ضغط مادة التشغيل إلى ضغطها الأصلى.

والدورات القياسية للهواء محددة، ومزيج الهواء والوقود لا يسلك سلوك الغازات المثالية، حيث يدخل مزيج الهواء والوقود عند درجة To وضغط PO ، أى عند ضغط ودرجة حرارة المحيط الجوى.

النظام الدياباتيكى:

يوضح شكل 9-2 جهاز يتكون من اسطوانة ومكبس يحتوى على كمية معينة من الغاز، وهذا الجهاز يمكن استخدامه فى إحداث تضاغط أو تمدد للغاز المحبوس.

ولنتخيل أن المكبس والاسطوانة عازلين مثالين للحرارة بحيث لا يوجد تبادل حرارى بين الاسطوانة والمكبس (نظام الوسط المحيط)، إذا ما تمت العملية بحيث لا يحدث تبادل حرارى بين الوسط والنظام (سميت عملية أدياباتية)، وتستخدم العبارة (محتوى أدياباتى للدلالة على غياب انتقال الحرارة بين الوسط والنظام، وعلى ذلك فإن هذه العملية تحدث تحت تأثير القوى الخارجية.



شكل (3-1) محتوى أدياباتى

دورات الهواء القياسية Air standard cycles

هى دورات تم افتراضها ولا يمكن تطبيقها عملياً مع ملاحظة أن معنى كلمة دوره هو حدوث مجموعة إجراءات متتالية على نظام ما بحيث يعود النظام بنهاية هذه الإجراءات إلى حالته الأصلية والذى يسمح بتكرار الدورة وطبقاً للقانون الأول للترموديناميكا (الديناميكا الحرارية) لنظام مغلق خلال دوره نجد أن العلاقة التالية تحقق :

$$\S\,\delta \dot{Q} = \S\,\delta w$$

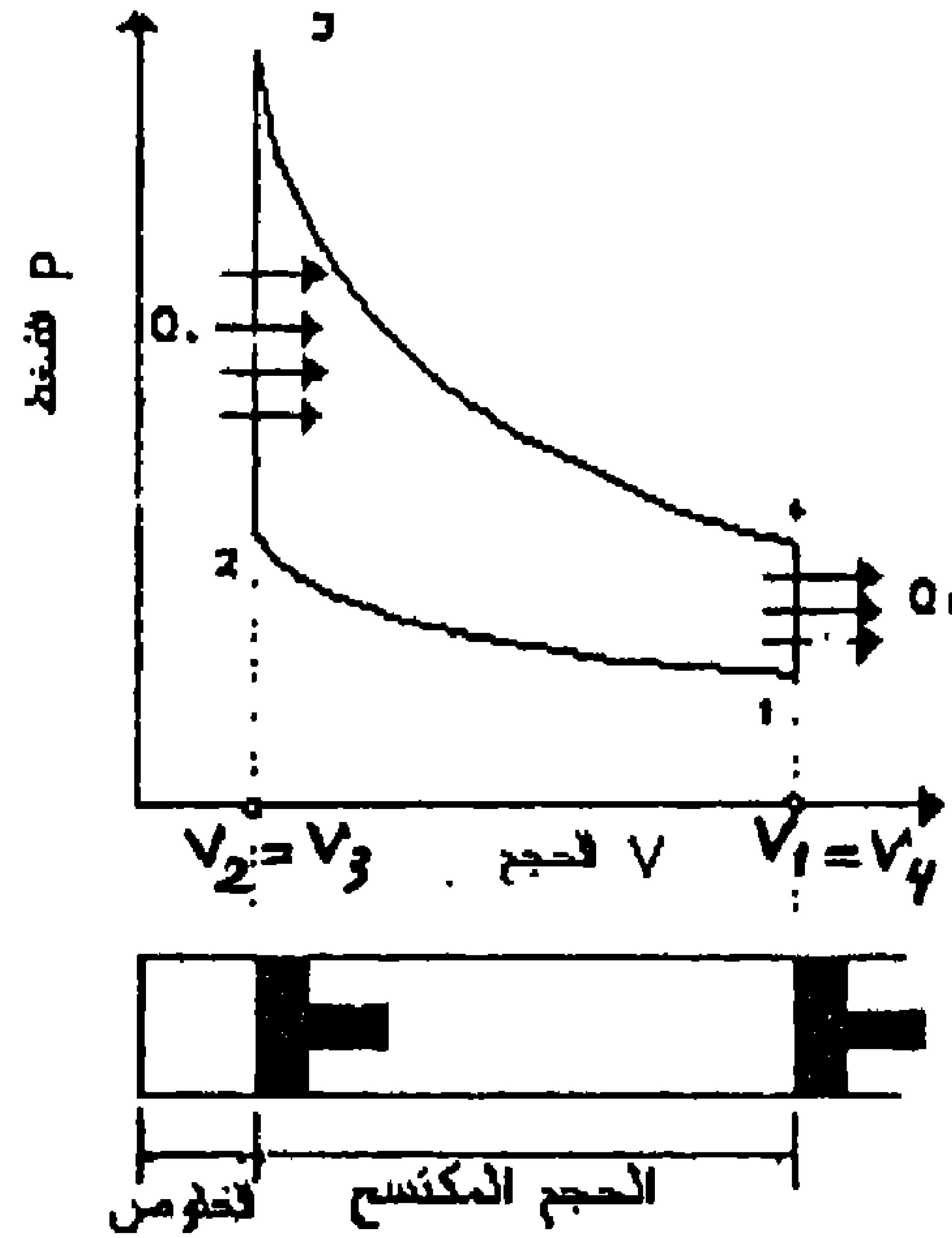
رمز التكامل § مع دائرة فى المنتصف تستخدم للدلالة على تكامل الدورة بالكامل وبالتالى يمكن كتابة الكفاءة الحرارية على صورة المعادلتين الآتيتين:

الكفاءة الحرارية (η_{th}) = (كمية الحرارة المضافة Q_H – كمية الحرارة المطرودة Q_L) / (كمية الحرارة المضافة (Q_H))

الكفاءة الحرارية (η_{th}) = (الشغل المبذول Work Done (W_{net})) / (كمية الحرارة المضافة (Q_H))

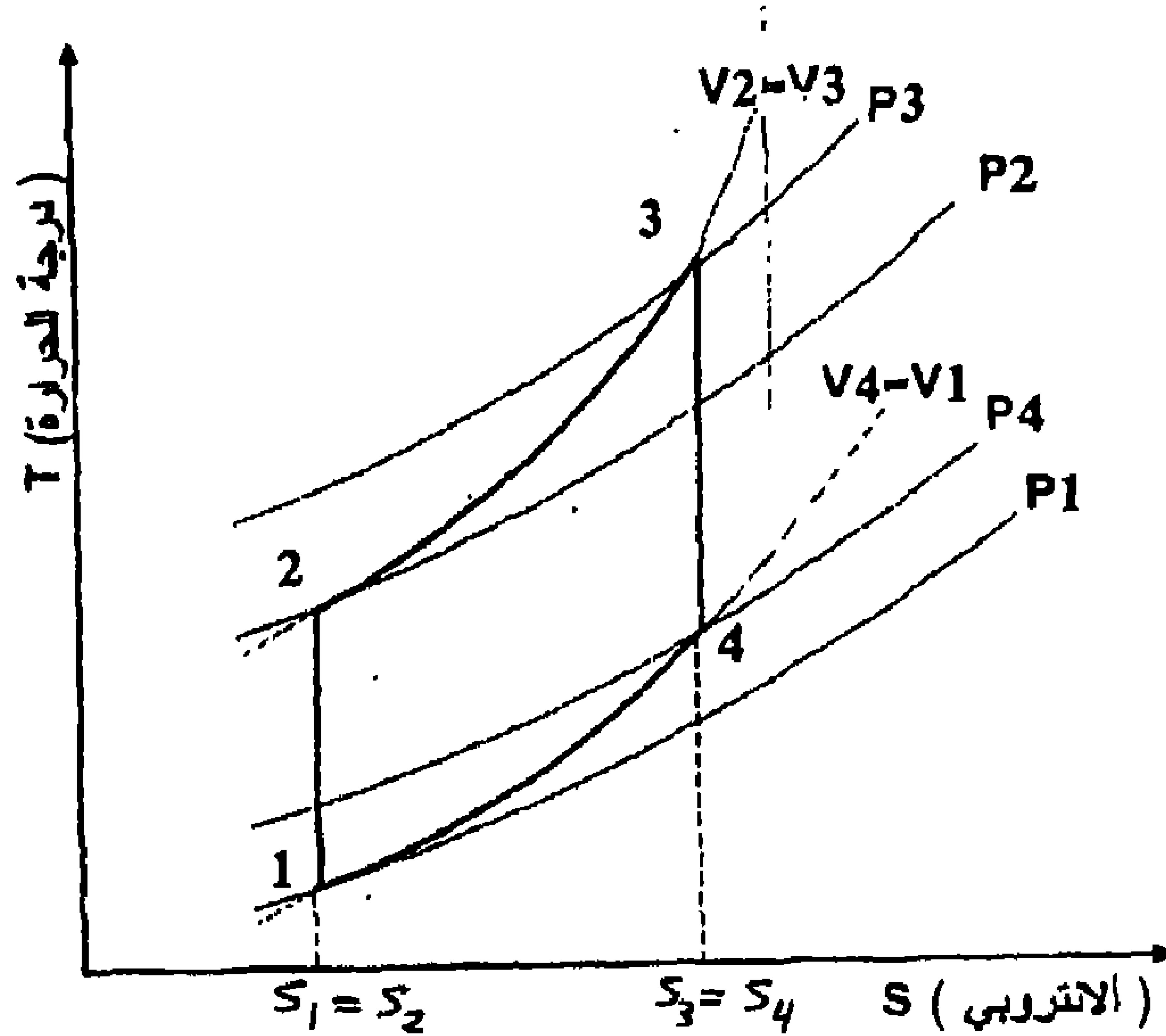
دورة أوتو Otto cycle

تنسب هذه الدورة للعالم الألمانى أوتو Otto والذى قام بتطبيق هذه الدورة بنجاح على محرك الاحتراق الداخلى سنة 1862 وتسمى هذه الدورة أيضاً بددورة الحجم الثابت حيث يتم إضافة الحرارة عند حجم ثابت (constant volume) وخاصة لمحركات الاحتراق ذات شمعة الاشتعال (محركات البنزين) والشكل (3-2) يوضح العلاقة بين الضغط والحجم (P-V) بينما الشكل (3-3) يوضح العلاقة بين الانتروبى ودرجة الحرارة (T-S).



الشكل (3-2) العلاقة بين الحجم والضغط لدورة أوتو

حيث الشكل (3-2) يوضح المشوار 1 ← 2 وهو مشوار السحب والمشوار 2 ← 3 هو مشوار الضغط حيث تضاف الحرارة عند حجم ثابت وقبل وصول المكبس إلى T.D.C من 30° إلى 15° من زاوية عمود المرفق تحدث الشرارة من شمعة الاشتعال وذلك عند تطبيق هذه الدورة على محركات الإشعال بالشرارة ويحدث احتراق للمخلوط وبالتالي يبدأ شوط القدرة أو شوط الشغل الذى يمثله بالإجراء 3 ← 4 ثم يتم طرد غازات العادم خلال مشوار أو شوط العادم والذى يمثل بالإجراء 4 ← 1 عند حجم ثابت أيضاً.



الشكل (3-3) العلاقة بين الأنتروبى ودرجة الحرارة لدورة أوتو

الشكل (3-3) يوضح حدوث الأشواط الأربعة على منحنى الأنتروبى (s) ودرجة الحرارة لدورة أوتو.

وتتكون الدورة (دورة أوتو) من الإجراءات التالية:

1- انضغاط أيسنتروبى للغاز طبقاً للقانون $PV^k = c$

2- إضافة حرارة عند حجم ثابت

3- تمدد أيسنتروبى للغاز طبقا للقانون $PV^k = c$

4- طرح أو فقد حرارة عند حجم ثابت

ويمكن شرح ذلك تفصيلياً خلال الشكلين (3-3 , 3-2) كما يلي:

الإجراء 2-1 انضغاط أيسنتروبى طبقا للعلاقة Pv^k

يلاحظ فى العملية ارتفاع الضغط من P_1 إلى P_2 وانخفاض الحجم من V_1 إلى V_2 وارتفاع درجة الحرارة من T_1 إلى T_2 مع ملاحظة عدم حدوث انتقال حرارة من أو إلى الغاز ويسمى هذا الإجراء انضغاط أيسنتروبى لأن $S_1 = S_2$ كما بالشكل (3-2).

الإجراء 2-3 إضافة الحرارة

يتم إضافة الحرارة خلال هذا الإجراء عند ثبوت الحجم أى $V_2 = V_3$ حيث يرتفع الضغط من P_2 إلى P_3 وترتفع درجة الحرارة من T_2 إلى T_3 والأنتروبى يرتفع من S_2 إلى S_3.

الإجراء 3-4 تمدد أيسنتروبى طبقا للعلاقة $PV^k = c$

حيث يلاحظ انخفاض الضغط من P_3 إلى P_4 ويزداد الحجم من V_3 إلى V_4 وانخفاض درجة الحرارة من T_3 إلى T_4 مع ثبوت الأنتروبى خلال هذا الإجراء أى أن $S_3 = S_4$.

الإجراء من 4-1 والذى يمثل فقد أو طرد للحرارة

يتم فقد الحرارة خلال هذا الإجراء عند حجم ثابت أى أن $V_4 = V_1$ وينخفض الضغط من P_4 إلى P_1 وانخفاض درجة الحرارة من T_4 إلى T_1 وكذلك ينخفض الأنتروبى من S_4 إلى S_1 .

إيجاد الكفاءة الحرارية لدورة أوتو

$$\because \eta_{th} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H}$$

حيث η_{th} الكفاءة أو الجودة الحرارية لدورة أوتو

Q_H وهى كمية الحرارة المضافة عند حجم ثابت خلال الإجراء 2-3 ويمكن تعيين Q_H من العلاقة :

$$Q_H = mc_v = (T_3 - T_2)$$

حيث m هى وحدة كتلة الغاز

c_v هى الحرارة النوعية عند ثبوت الحجم

Q_L وهى كمية الحرارة المطرودة عند حجم ثابت خلال الإجراء $4 \leftarrow 1$

$$Q_L = m\, c_v\, (T_4 - T_1)$$

$$\because \ \eta_{th(Otto)} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = \frac{mc_v(T_3 - T_2) - mc_v(T_4 - T_1)}{mc_v(T_3 - T_2)}$$

$$\eta_{th(Otto)} = \frac{(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)} = \frac{T_2(\frac{T_3}{T_2} - 1) - T_1(\frac{T_4}{T_1} - 1)}{T_2(\frac{T_3}{T_2} - 1)}$$

$$= 1 - \frac{T_1(\frac{T_4}{T_1} - 1)}{T_2(\frac{T_3}{T_2} - 1)}$$

حيث يلاحظ أن:

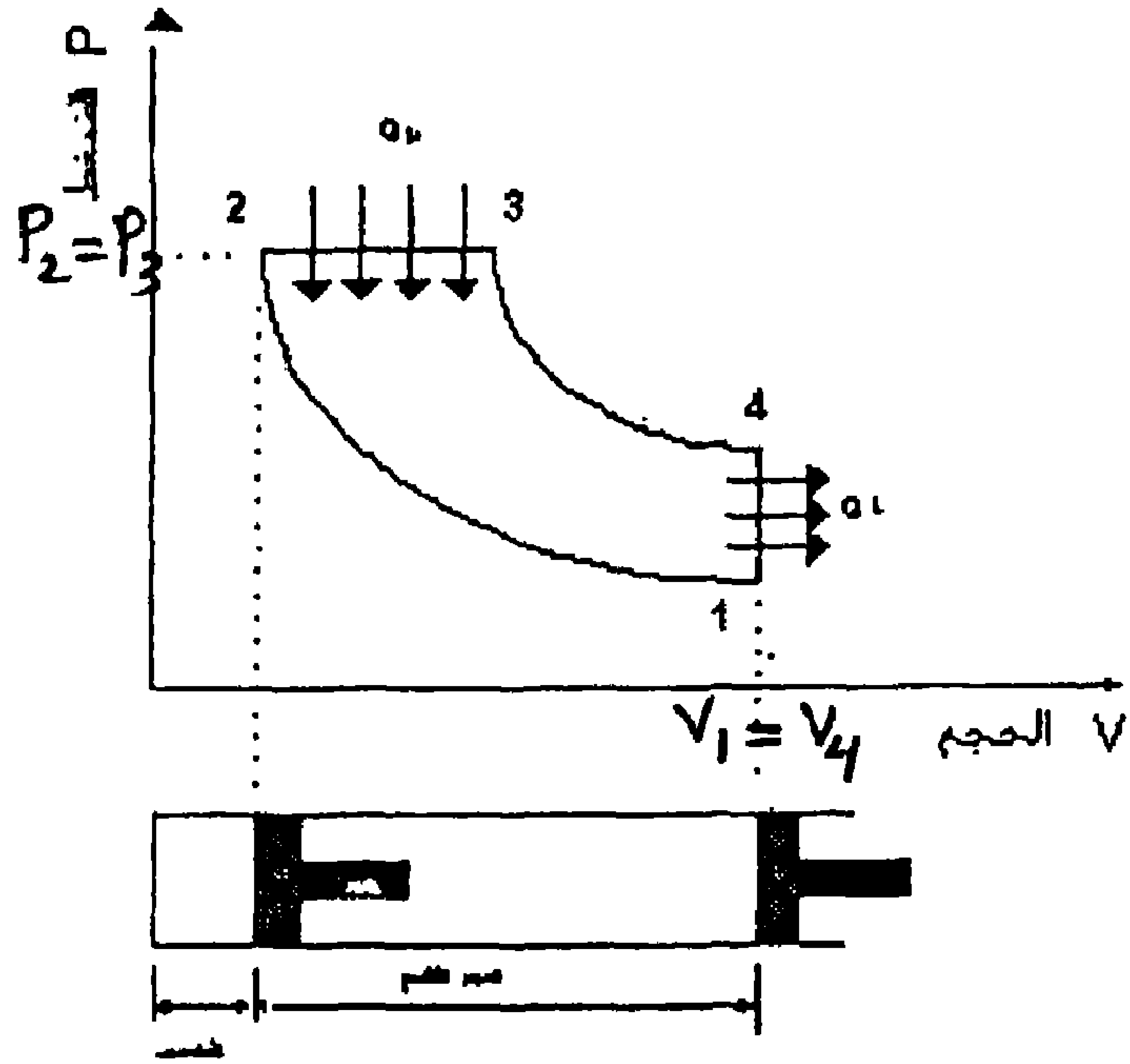
$$\frac{T_3}{T_4} = (\frac{V_4}{V_3})^{k-1} \ , \ \frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \ , \ \frac{T_1}{T_2} = (\frac{V_2}{V_1})^{k-1} = \frac{1}{r^{k-1}}$$

$$\eta_{th(Otto)} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{1}{\frac{T_2}{T_1}} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}$$

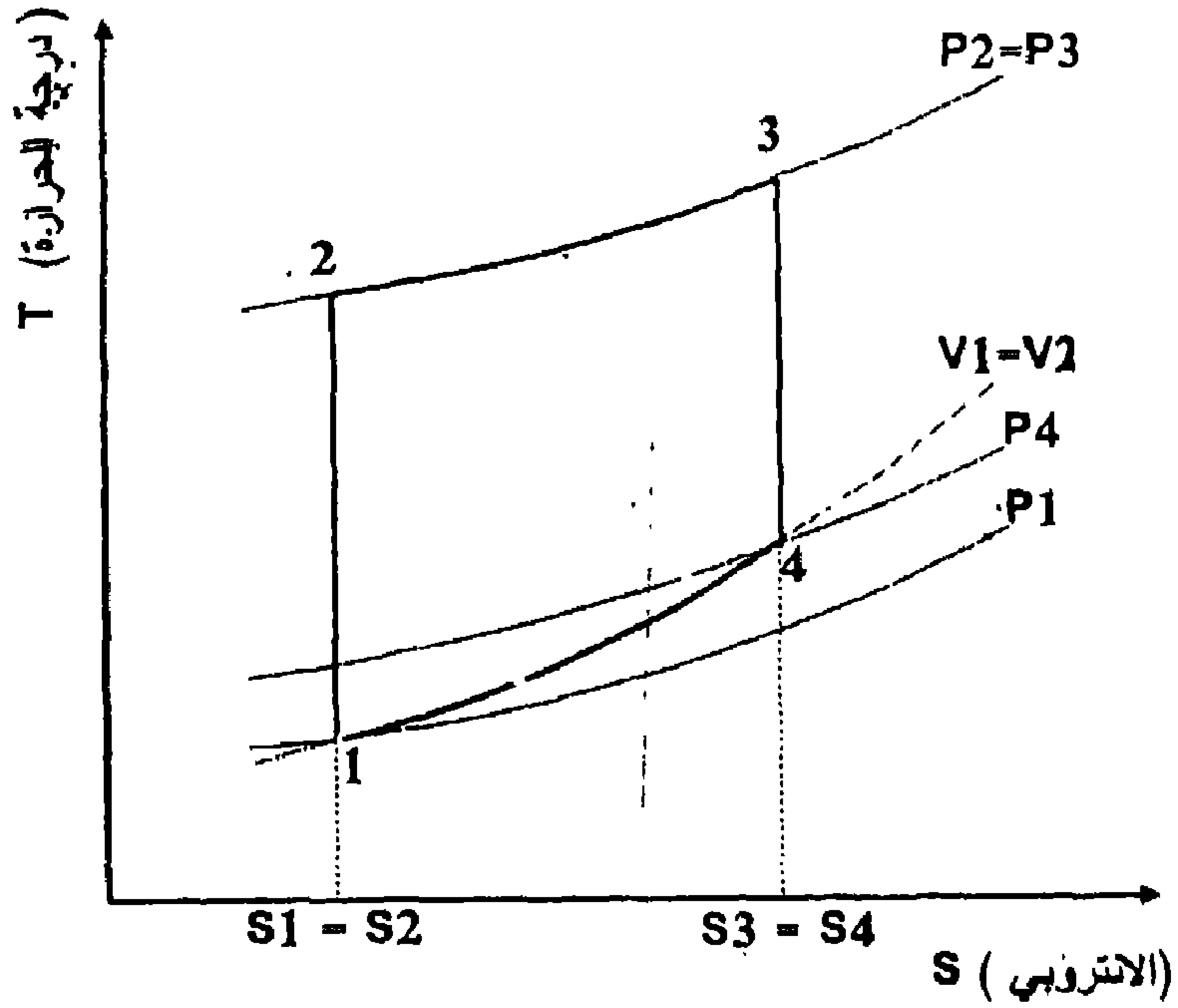
$$\eta_{th(Otto)} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}$$

ثانياً: دورة ديزل Diesel cycle

تنسب هذه الدورة إلى العالم الألماني رادولف ديزل ولذلك سميت باسمه حيث طبق هذه الدورة سنة 1890 والتى تم فيها إضافة الحرارة تحت ضغط ثابت وهى تخص محركات الديزل (المحركات التى تستخدم وقود الديزل) أو محركات الإشعال بالضغط والشكل (3-4) يوضح العلاقة بين الضغط والحجم (P-V) خلال هذه الدورة والشكل (3-5) يوضح العلاقة بين الأنتروبى ودرجة الحرارة (T-S) لدورة ديزل.



الشكل (4-3)



الشكل (5-3)

وتتكون دورة ديزل من الإجراءات الآتية:

الإجراء من 1 ← 2 انضغاط أيسنتروبى طبقاً للقانون $PV^k = c$

حيث يحدث ارتفاع فى الضغط من P_1 إلى P_2 خلال هذا الإجراء وانخفاض فى الحجم من V_1 إلى V_2 أما درجة الحرارة فترتفع من T_1 إلى T_2 ويلاحظ عدم إضافة أو فقد حرارة خلال هذا الإجراء ولذلك يسمى إنضغاط أيسنتروبى أى أن $S_1 = S_2$.

الإجراء من 2 ← 3 إضافة الحرارة

حيث يتم إضافة الحرارة عند ضغط ثابت أى أن $P_2 = P_3$ ويزداد الحجم من V_2 إلى V_3 وتزداد درجة الحرارة من T_2 إلى T_3 ويرتفع الأنتروبى من S_2 إلى S_3 .

الإجراء من 3 ← 4 تمدد أيسنتروبى طبقاً للعلاقة $PV^k = c$

حيث ينخفض الضغط فى هذه العملية من P_3 إلى P_4 ويزداد الحجم من V_3 إلى V_4 وتنخفض درجة الحرارة من T_3 إلى T_4 مع ملاحظة أنه لا يحدث إضافة أو فقد حرارة خلال هذا الإجراء وبذلك يكون الأنتروبى ثابت أى أن $S_3=S_4$.

الإجراء من 4 ← 1 فقد أو طرد الحرارة

يلاحظ خلال هذا الإجراء طرد الحرارة عند ثبوت الحجم أى أن $V_1=V_4$ وانخفاض الضغط من P_4 إلى P_1 ودرجة الحرارة تقل من T_4 إلى T_1 وكذلك يقل الأنتروبى من S_4 إلى S_1 .

إيجاد الكفاءة الحرارية لدورة الديزل

نظراً لإضافة حرارة عند ضغط ثابت فإن $P_2 = P_3$ أى أن $\alpha = 1$ حيث α هى نسبة الضغط عند إضافة الحرارة تحت ضغط ثابت .

∵ كمية الحرارة المضافة Q_H عند ضغط ثابت تعين من العلاقة

$$Q_H = m\,c_p\,(T_3 - T_2)$$

وكمية الحرارة المطرودة Q_L عند حجم ثابت تعين من العلاقة

$$Q_L = m\,c_v\,(T_4 - T_3)$$

حيث c_p هى الحرارة النوعية عند ثبوت الضغط

K هى ثابت وتعرف بأنها النسبة بين الحرارة النوعية عند ثبوت الضغط إلى الحرارة النوعية عند ثبوت الحجم.

أى أن :

$$K = \frac{c_p}{c_v} = 1.4$$

$$C_v = 0.717 \frac{kJ}{kg.k} \;,\; c_p = 1.005 \frac{kg}{kg.ki}$$

$$\eta_{th(Diecel)} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$= 1 - \frac{mc_v(T_4 - T_1)}{mc_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1(\frac{T_4}{T_1} - 1)}{\frac{C_p}{C_v} T_2(\frac{T_3}{T_2} - T_2)}$$

$$\eta_{th(Diesel)} = 1 - \frac{(\frac{T_4}{T_1} - 1)}{k(\frac{T_2}{T_1})(\frac{T_3}{T_2} - T_2)}$$

حيث φ نسبة القطع

$$\frac{T_3}{T_2} = \varphi$$

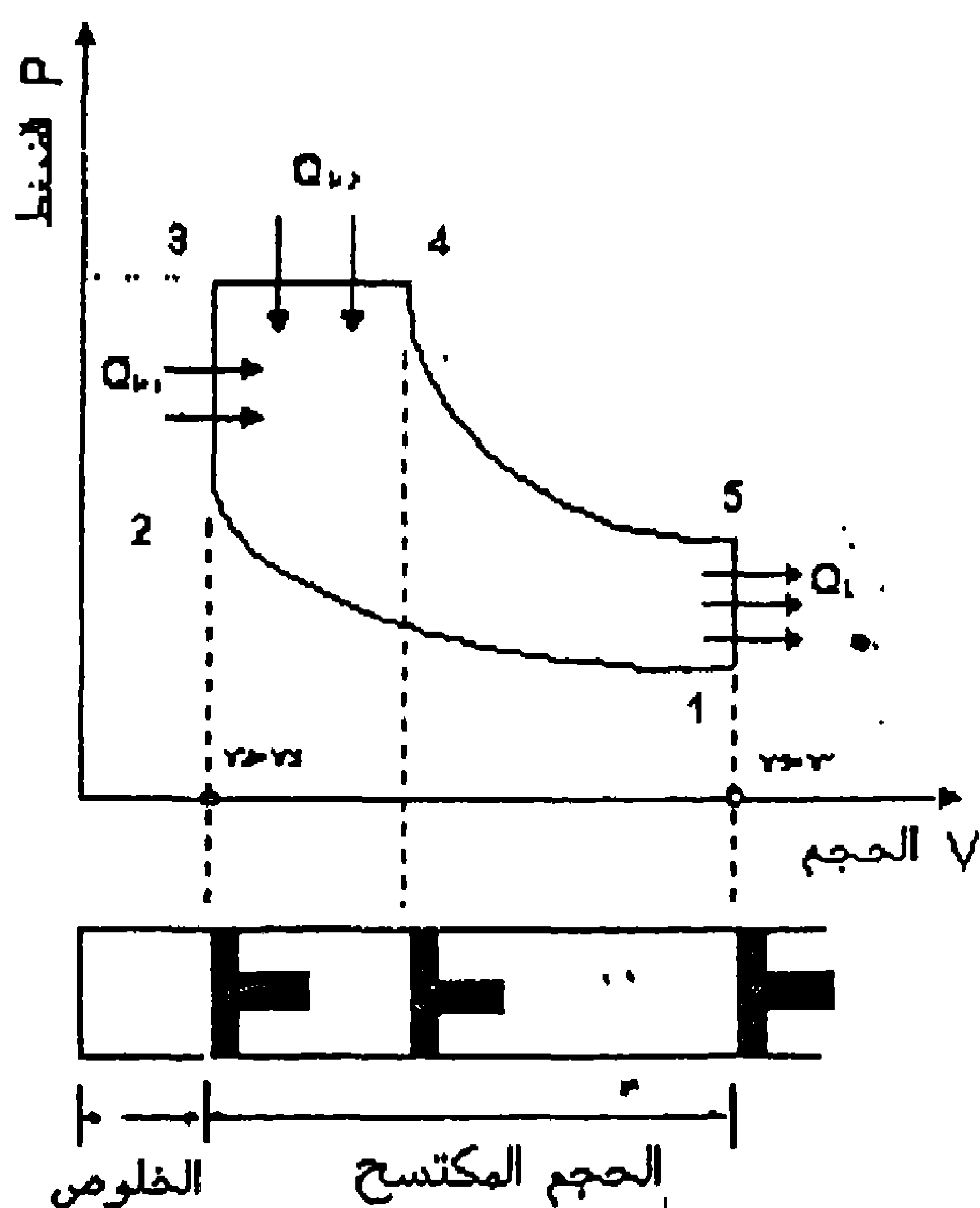
$$\frac{T_4}{T_1} = \varphi^k$$

وبالتعويض فى معادلة كفاءة الدورة نحصل على :

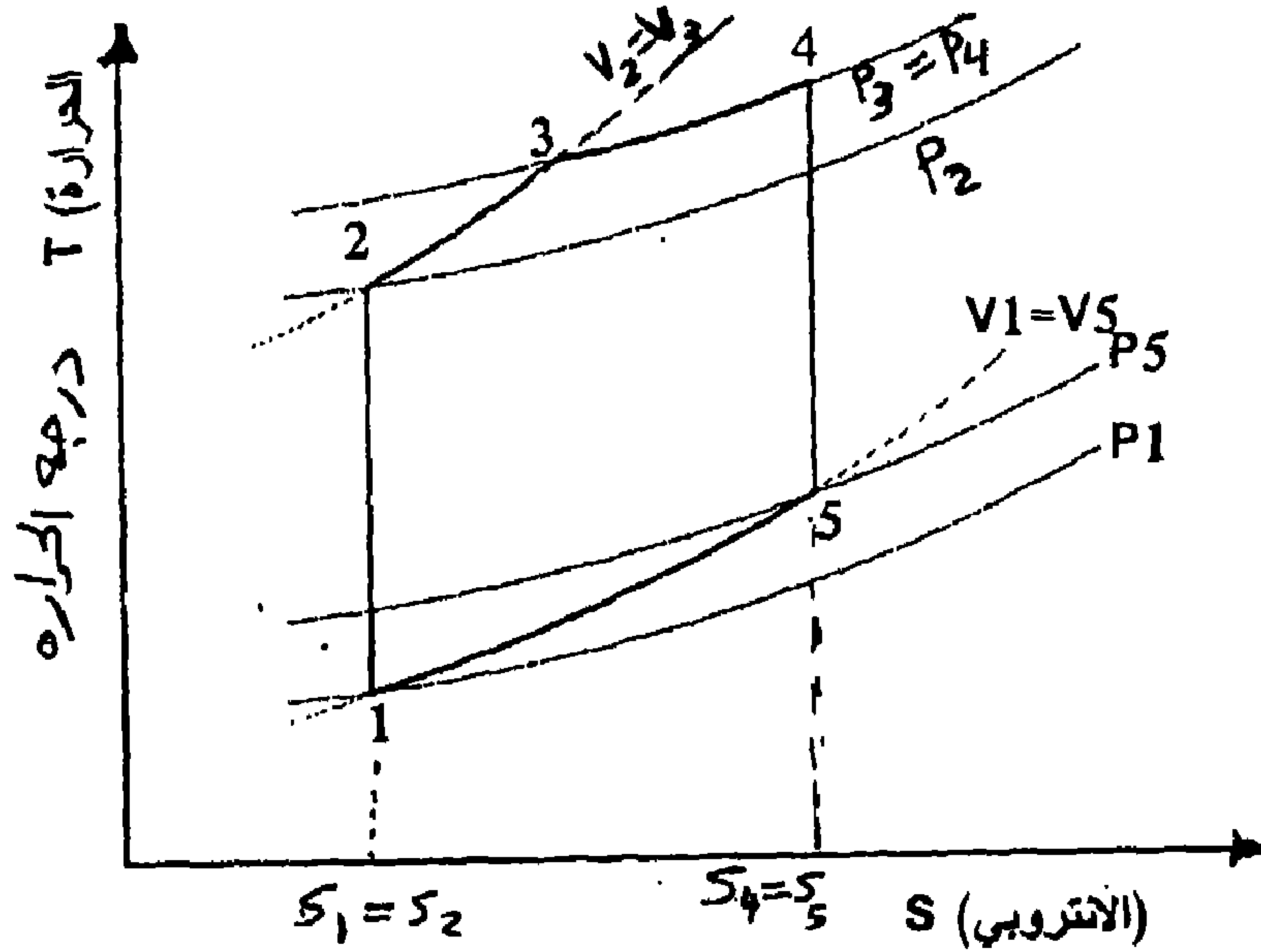
$$\eta_{th(Diesel)} = 1 - \frac{(\varphi^k - 1)}{k r^{k-1}(\varphi - 1)}$$

ثالثاً: الدورة المختلطة Mixed cycle

وهى تسمى أيضاً بالدورة المشتركة Daul cycle وذلك لأن الحرارة تضاف خلال مرحلتين حيث المرحلة الأولى تضاف الحرارة عند حجم ثابت والمرحلة الثانية تضاف الحرارة عند ضغط ثابت ولهذا فإن هذه الدورة تعتبر قريبة إلى الدورة الحقيقية التى تعمل عليها محركات الاحتراق الترددية والشكل (6-3) يوضح العلاقة بين الضغط والحجم P-V والشكل (7-3) يوضح العلاقة بين الأنتروبى ودرجة الحرارة (T-S) للدورة المختلطة.



الشكل (6-3) العلاقة بين الحجم والضغط للدورة المختلطة



الشكل (3-7) العلاقة بين الأنتروبى ودرجة الحرارة للدورة المختلطة

وتتكون الدورة المختلطة من الإجراءات التالية:

الإجراء من 1 ← 2 إنضغاط أيسنتروبى طبقاً للعلاقة $PV^k = c$

حيث يلاحظ خلال هذا الإجراء ارتفاع الضغط من P_1 إلى P_2 وانخفاض الحجم من V_1 إلى V_2 بينما ترتفع درجة الحرارة من T_1 إلى T_2 ونظراً لأن الانضغاط أيسنتروبى فإنه لا يوجد انتقال حرارة خلال هذا الإجراء أى لا توجد إضافة أو طرد للحرارة وذلك لأن الأنتروبى ثابت خلال هذا الإجراء أى أن $S_1=S_2$

الإجراء من 2 ← 3 إضافة الحرارة عند حجم ثابت (Q_{H1})

حيث يتم إضافة الحرارة خلال هذا الإجراء تحت حجم ثابت أى أن $V_2 = V_3$ كما يرتفع الضغط من P_2 إلى P_3 وكذلك تزداد درجة الحرارة من T_2 إلى T_3 ويرتفع الأنتروبى من S_2 إلى S_3 .

الإجراء من 3 ← 4 إضافة الحرارة عند ضغط ثابت أى أن $P_4 = P_3$

حيث يتم إضافة الحرارة عند ضغط ثابت أى أن $P_4 = P_3$ بينما يزداد الحجم من V_3 إلى V_4 وتزداد درجة الحرارة من T_3 إلى T_4 وكذلك يزداد الأنتروبى من S_3

إلى S_4 .

الإجراء من 4 ← 5 تمدد أيسنتروبى طبقاً للعلاقة $PV^k = c$

حيث يلاحظ انخفاض الضغط من P_4 إلى P_5 خلال هذا الإجراء ويزداد الحجم من V_4 إلى V_5 وتنخفض درجة الحرارة من T_4 إلى T_5 ولا يحدث إنتقال للحرارة خلال هذا الإجراء وذلك لثبات الأنتروبى أى أن $S_4 = S_5$

الإجراء من 5 ← 1 فقد أو طرد للحرارة

حيث يتم فقد الحرارة عند حجم ثابت أى أن $V_1 = V_5$ مع حدوث انخفاض فى الضغط من P_5 إلى P_1 وانخفاض فى درجة الحرارة من T_5 إلى T_1 وكذلك حدوث انخفاض فى الأنتروبى من S_5 إلى S_1 .

إيجاد الكفاءة الحرارية للدورة المختلطة

حيث k ... نسبة ثابت الحرارة النوعية

c_p ... ثابت الحرارة النوعية عند ضغط ثابت

c_v ... ثابت الحرارة النوعية عند حجم ثابت

إذا كانت نسبة الانضغاط $(r) = \frac{V_1}{V_2}$

وبفرض أن نسبة الضغط α عند إضافة الحرارة تحت حجم ثابت تكون فى صورة العلاقة $\alpha = \frac{P_3}{P_2}$

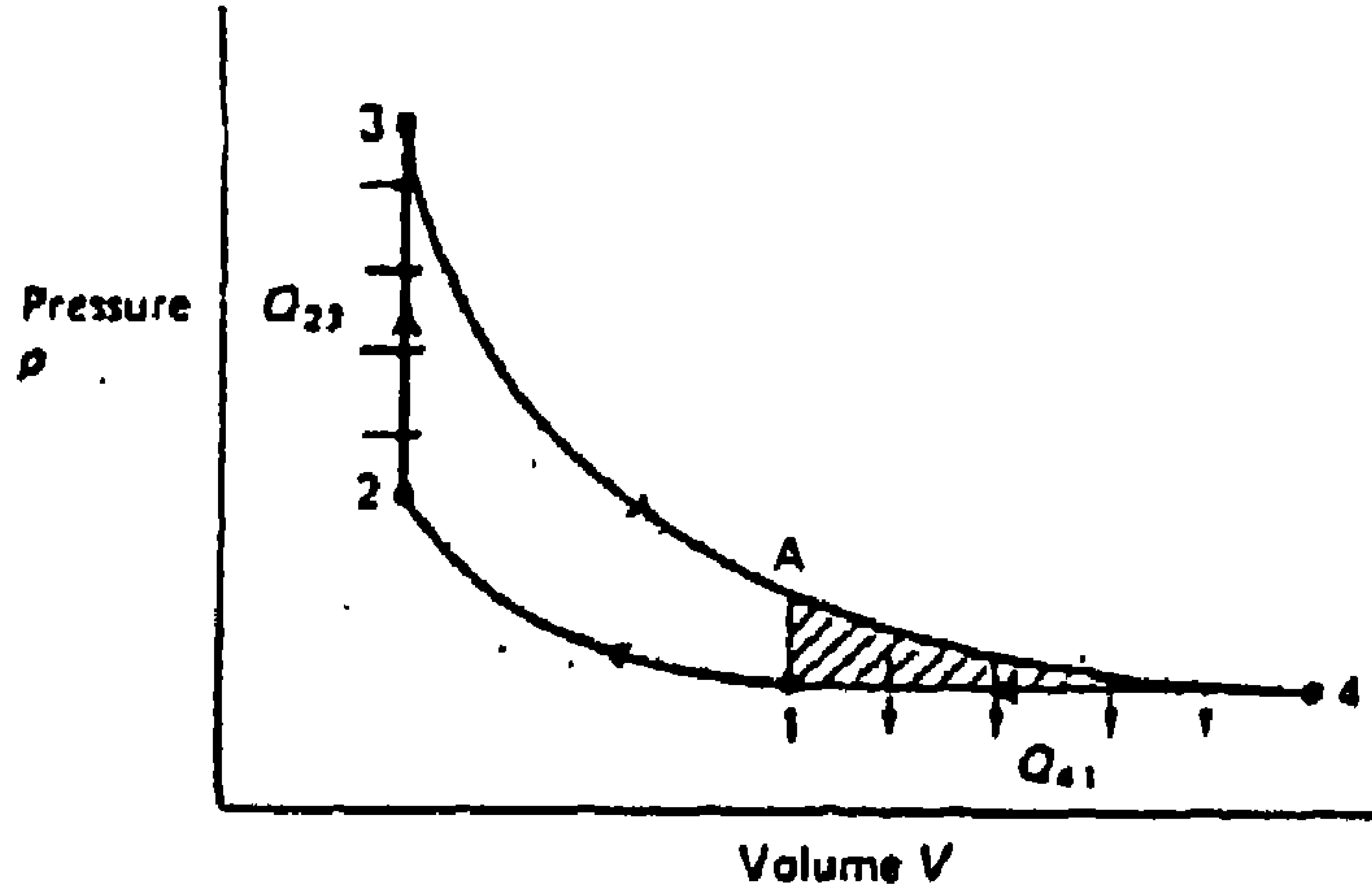
وبفرض أن نسبة قطع إضافة الحرارة تحت ضغط ثابت يعبرعنها بالعلاقة

$$\varphi = \frac{V_4}{V_3}$$

ويمكن استخدام العلاقات الآتية من الترموديناميكا

دورة أتكنيسون Atkinson cycle

تعتبر دورة أتكنيسون هى الأكثر شيوعاً فى عنصر أى دورة يوجد بها شوط التمدد أكبر من شوط الانضغاط، وشكل (3-8) يوضح الحالة لدورة أتكنيسون وفيها التمدد إلى أسفل الضغط P_1 .



الشكل (3-8) المنحنى البيانى لدورة أتكنيسون

كل العمليات هى رجوعية، والعمليتان 1← 2 ، 3← 4 هى أديباتيكية والمساحة المظللة (1A4) تمثل الشغل المتزايد أو الحرارة المنخفضة.

عندما نقارن دورة أتكنيسون مع دورة أوتو، نلاحظ الصعوبات الميكانيكية عند ترتيب أشواط التمدد والانضغاط الغير متعادلتين اللذان يتسببان فى منع تطور عمل المحركات التى تعمل بهذه الدورة مهما كان التمدد A4 وممكن أن ينظم بعملية منفصلة للاستخدام بالتربين الغازى.

جودة أو كفاءة المحرك Engines Efficiency

جودة أو كفاءة المحرك هى النسبة بين القدرة المستفادة من المحرك والطاقة المبذولة للحصول على هذا الخرج.

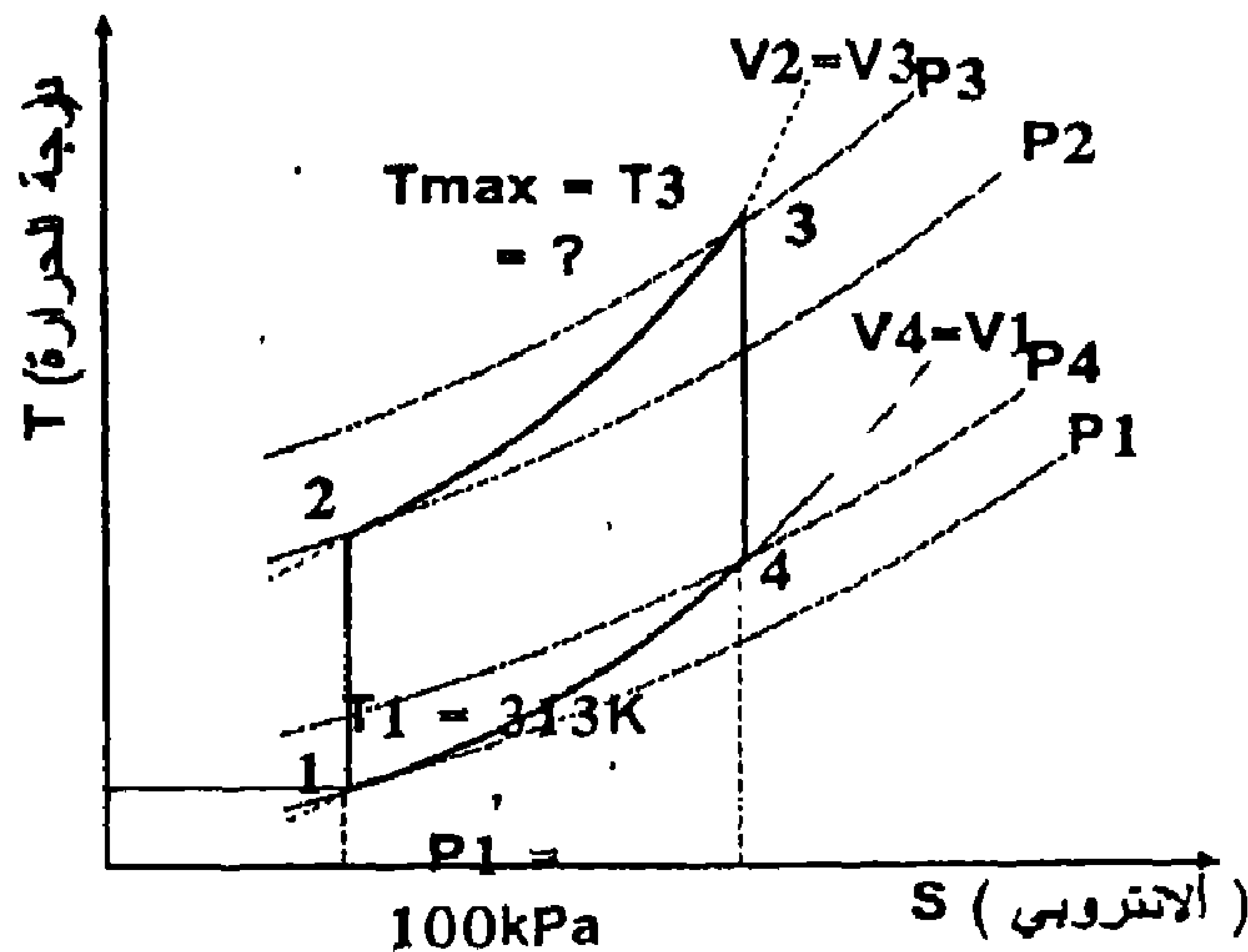
ويمكن تقسيم كفاءة المحرك إلى الآتى:

1- الكفاءة الحرارية 2- الكفاءة الميكانيكية 3- الكفاءة الحجمية

مسائل محلولة على الدورات الحرارية

مثال (1):

يعمل محرك احتراق داخلي حسب دوره أوتو حيث كان الضغط ودرجة الحرارة عند بدء الانضغاط 100 kPa ، 40° C على التوالي وكانت نسبة الانضغاط 1 : 8 ، احسب أقصى درجة حرارة في الدورة، الكفاءة الحرارية، الشغل المنجز خلال الدورة إذا كانت الحرارة المعطاة لدورة هي 1000 KJ/Kg علماً بأن : $K = 1.4 \quad \frac{KJ}{Kg.K}$, $C_v = 0.717$



الشكل (3-9)

$$\because Q_H = C_v(T_3 - T_2) = 1000\frac{KJ}{Kg} \;,\; C_v = 0.717\frac{KJ}{Kg.K}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = (\frac{V_2}{V_1})^{k-1} = (\frac{1}{r})^{k-1} = (\frac{1}{8})^{1\text{-}4\text{-}1} = 0.4353$$

$\therefore T_2 = 719.1 \text{ K}$

$$\therefore 1000\,\frac{KJ}{Kg} = 0.717(T_3 - 719.1)$$

$T_3 = 2113.8 \text{ K} = 1840.8\ ^{\circ}C = T_{max}$

$$\eta_{th(otto)} = 1 - \frac{1}{r^{K-1}} = 1 - \frac{1}{8^{0.4}} = 0.564 = 65.4\%$$

Work Done = $\dot{W}_{net} = Q_H - Q_L$

$= C_v (T_3 - T_2) - C_v (T_4 - T_1)$

$$\therefore \frac{T_3}{T_4} = (\frac{V_4}{V_3})^{K-1} = (8)^{0.4} = 2.2974$$

$T_3 = 2.2974\ T_4$ $\quad\quad \therefore T_4 = 920.1$

$$\dot{W}_{net} = 0.717(2113.8 - 719.1) - 0.717(920.1 - 313)$$

$$= 564.7 \frac{KJ}{Kg}$$

$$\dot{W}_{net} = Q_H . \eta_{th} = 1000 \times 0.564$$

$$\therefore \dot{W}_{net} = 564 \frac{KJ}{Kg}$$

مثال (2):

يعمل محرك احتراق داخلى طبقا لدورة ديزل المثالية وكانت نسبة الانضغاط له 15 : 1 ونسبة التمدد 7.5 : 1 وكان الضغط ودرجة الحرارة عند بداية الانضغاط 98 kPa ، 45 °C على التوالى وكان الضغط عند نهاية التمدد 258kPa . احسب أقصى درجة حرارة فى الدورة والكفاءة الحرارية.

الحـــــل

نسبة الانضغاط = (r) = $\frac{V_1}{V_2} = \frac{15}{1} = 15$

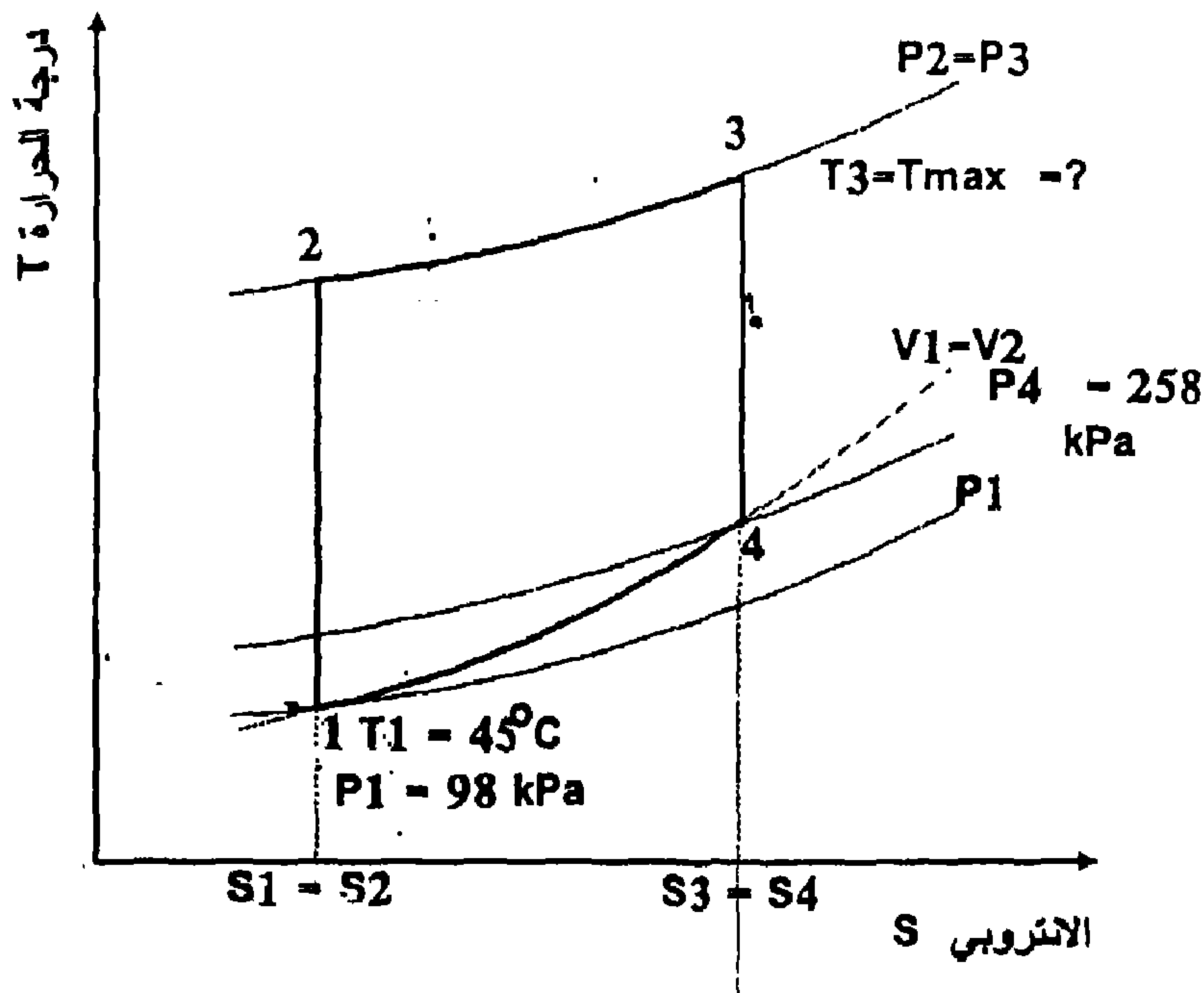
نسبة التمدد = $\alpha) = \frac{V_4}{V_3} = \frac{7.5}{1} = 7.5$

$T_1 = 273 + 45 = 318$ K

$P_1 = 98$ kPa , $P_4 = 258$ kPa

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = (\frac{V_2}{V_1})^{k-1} = (\frac{1}{15})^{0.4} \simeq 0.3385$$

$\therefore T_2 = 939.4$ K



$$\because \frac{T_4}{T_1} = \frac{P_4}{P_1} \quad \therefore T_4 = T_1(\frac{P_4}{P_1})$$

$$\therefore T_4 = 318\ (\frac{258}{98}) = 837.18\text{K}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = (\frac{V_4}{V_3})^{k-1} = (7.5)^{0.4} = 2.2388$$

$T_3 = 2.2388\ (T_4) = 2.2388 \times 837.18 = 1874.28$ K

$$\eta_{th\,(Diesel)} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}[\frac{\varphi^k - 1}{k(\varphi - 1)}]$$

$$\varphi = \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{1874.28}{939.4} = 1.9952$$

$$\therefore \ \eta_{th} = 1 - \left(\frac{1}{15^{1.4-1}}\right)\left(\frac{1.9952^{1.4} - 1}{1.4(1.9952 - 1)}\right) = 0.6039 = 60.39\%$$

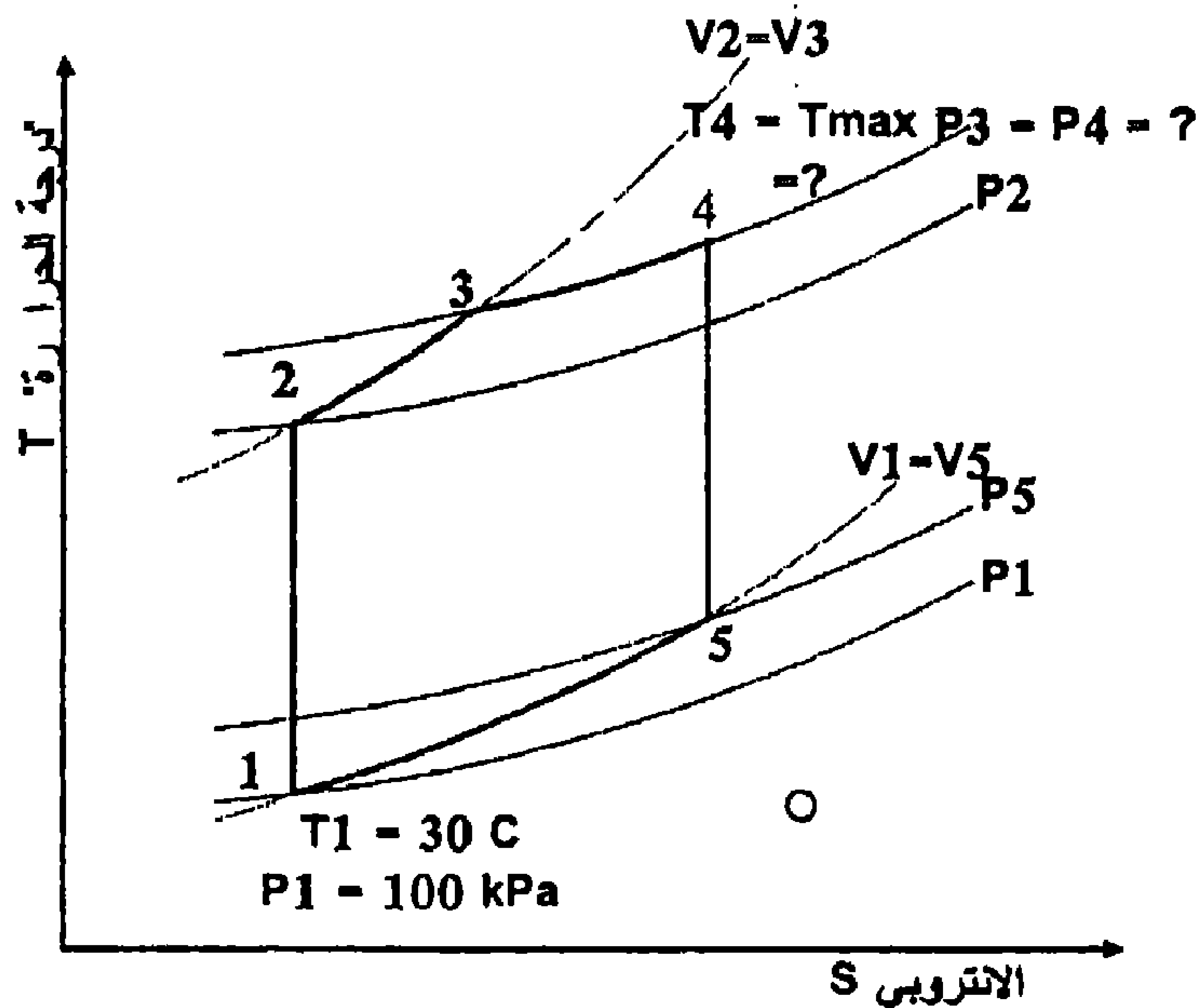
$$\eta_{th\,(Diesel)} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{k(T_3 - T_2)} = 0.6033 = 60.33\%$$

مثال (3) :

يعمل محرك احتراق داخلى حسب الدورة المختلطة بنسبة انضغاط 20 : 1 ، كمية الحرارة المعطاة للدورة $1760 \frac{KJ}{Kg}$ وكمية الحرارة المضافة عند ثبوت الحجم 20 % من كمية الحرارة المعطاة، فإذا كانت درجة الحرارة فى بداية الدورة 30 °C وكان الضغط فى بداية الدورة أيضا 100 kPa . احسب أقصى درجة حرارة وأقصى ضغط فى الدورة وكفاءة الدورة الحرارية علماً بأن:

$K = 1.4 \ , \ C_v = 0.717 \ \frac{KJ}{Kg.K}$

الحـــــل



$T_1 = 303$ K , $P_1 = 100$ kPa , $Q_H = 1760\ \frac{KJ}{Kg}$

∴ يمكن إيجاد كمية الحرارة المضافة عند ثبوت الحجم من العلاقة

$$q_{H_1} = q_H \times 0.2 = 352\frac{KJ}{Kg}$$

كمية الحرارة المضافة عند ثبوت الضغط يمكن إيجادها من العلاقة

$$q_{H_1} = q_H - q_{H_1} = 1760 - 352 = 1408\frac{KJ}{Kg}$$

$$\because \frac{T_1}{T_2} = (\frac{V_2}{V_1})^{k-1} = (\frac{1}{20})^{0.4} = 0.3017$$

$T_2 = 1004.273$ K

$$q_{H_1} = C_v(T_3 - T_2) = 0.717(T_3 - 1004.279) = 352\frac{KJ}{Kg}$$

$\therefore T_3 = 1495.2$ K

$$q_{H_2} = C_p(T_4 - T_3) = 1408\frac{KJ}{Kg}$$

$$1.005\ (T_4 - 1495.2) = 1408\ \frac{KJ}{Kg}$$

$\therefore T_4 = 2896.16$ K

$$\because \frac{P_2}{P_1} = (\frac{V_1}{V_2})^k = (20)^{1.4}$$

$$\therefore P_2 = (20)^{1.4} \times P_1 = (20)^{1.4}(100) = 628.9\,kPa$$

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} \quad \therefore P_3 = P_2(\frac{T_3}{T_2}) = 98693\,kPa$$

$\therefore P_4 = 9869.3$ kPa

$$\because \eta_{th(mixed)} = 1 - \frac{q_L}{q_H} \quad \because q_H = 1760\ KJ/Kg$$

$$\because q_L = C_v(T_5 - T_1) \ , \ \frac{T_5}{T_4} = (\frac{V_4}{V_5})^{k-1}$$

$$\because V_5 = V_1 = \frac{mPT_1}{P_1}$$

$$\therefore v_5 = \frac{V_5}{m} = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{0.287 \times 3.3}{100} = 0.86961 \frac{m^3}{Kg}$$

$$v_4 = \frac{RT_4}{P_4} = \frac{0.287 \times 2896.19}{9869.3} = 0.08422 \frac{m^3}{Kg}$$

$$\frac{V_5}{V_4} = \frac{v_5}{v_4} = 10.3$$

$$T_5 = 2896.1 \ (\frac{1}{10.3})^{0.4} = 1139.44 \ K$$

$$q_L = 0.717 \ (1139.44 - 303) = 599.7 \simeq 600 \frac{KJ}{Kg}$$

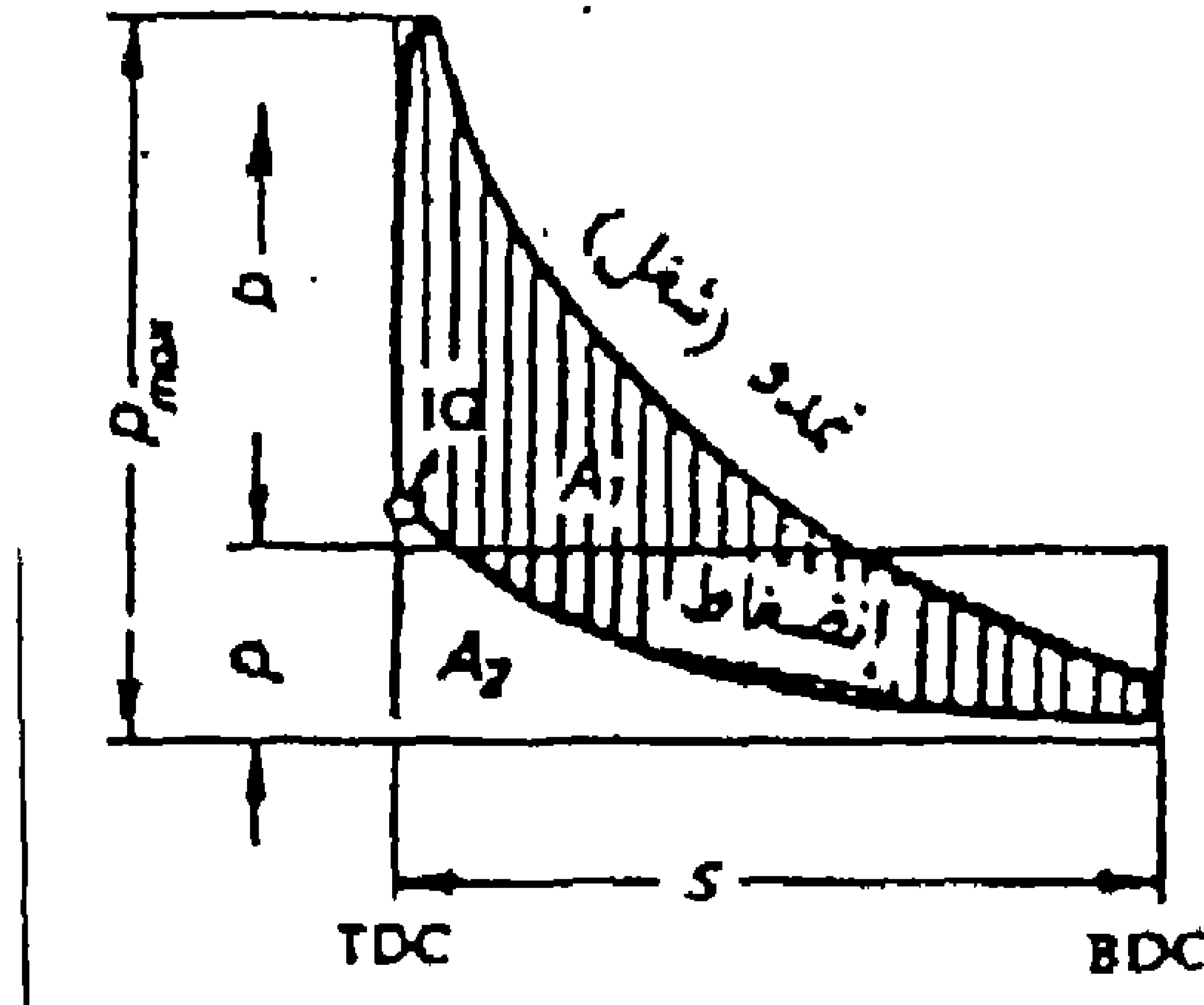
$$\eta_{th} = 1 - \frac{600}{1760} = 0.659 = 65.9\%$$

قدرة المحرك Engines Power

قدرة المحركات رباعية وثنائية الأشواط:

يمثل الرسم البياني الموضح بالشكل (2-13) علاقة الضغط (الشوط داخل الاسطوانة أثناء شوطي الضغط والتمدد)، وإذا تخيلنا مساحة A2 تساوى نفس مساحة A1 فإن ارتفاع هذا المستطيل سوف يمثل متوسط الضغط الفعال البياني P1 ، الذي يمكن عن طريق حساب القدرة البيانية P1 للمحرك وذلك باستخدام الصيغة الرياضية التالية:

$$P = F \cdot V$$



الشكل (3-9)

حيث :

P = قدرة المحرك

F = القوة المؤثرة على الكباس

V = سرعة الكباس المتوسطة

قدرة المحرك = القوة المؤثرة على الكباس × سرعة الكباس المتوسطة

$$P_i = F_i \cdot V_m$$

حيث : $V_m = \frac{2.s.n}{60}$, $F_i = A.P_1$

S – طول الشوط (المشوار)

n – السرعة الدورانية للمحرك، دورة /دقيقة

$$Pi = A . P_1 \frac{2.s.n}{60}$$

ونظرا لأن شوط التمدد يتكرر كل أربعة أشواط فى المحرك رباعى الأشواط فإن الصيغة الرياضية تكون كما يلى:

$$P_i = A . P_i \frac{2.s.n}{60 . 4}$$

وفى حالة المحرك المتعدد الأسطوانات تستخدم الصيغة التالية:

$$P_i = A . P_1 \, i \, z . \frac{2.s.n}{60}$$

وباستخدام العلاقتين الآتيتين:

$$V_S = V_{cy.z} = A . S . Z \,, \quad V_{cy} = A . s$$

نحصل على الصيغة التالية لحساب القدرة البيانية للمحرك:

فى حالة المحرك رباعى الأشواط ← $P_i = \frac{V_s.P_1.n}{1200}$

فى حالة المحرك ثنائى الأشواط ← $P_i = \frac{V_s.P_1.n}{600}$

وبالتعويض بالمعادلتين السابقتين نحصل على العلاقة التالية:

$$F_1 = A . P1$$

حيث A ... بوحدة cm^2

P1 ... بوحدة N/cm^2

ويمكن الحصول على الصيغتين التاليتين:

فى حالة المحرك رباعى الأشواط ← $P_i = \frac{F_i.vm.Z}{4000}$

فى حالة المحرك ثنائى الأشواط ← $P_i = \frac{F_i.vm.Z}{2000}$

حيث نعوض الرموز بالوحدات التالية:

V_s ... الحجم الشوطى الكلى للمحرك L

N ... سرعة دوران المحرك .... r.p.m

P_i ... القدرة البيانية .... kw

pi ... متوسط الضغط الفعال البياني .... bar

Fi ... القوة البيانية المؤثرة على الكباس ..... N

V_m ... السرعة المتوسطة للكباس .... m/s

Z ... عدد الاسطوانات

A ... مساحة مقطع الكباس .... cm^2

الكفــاءة Efficiency

يحتاج كل محرك إلى جزء من الطاقة التى يولدها لكى يدير بها أجزاء الإدارة المرفقة ولكى يتغلب على الاحتكاك فيها، كذلك لإدارة الأجزاء المساعدة مثل المولد والمروحة ومضخة المياه ومضخة الحقن وموزع الشر والضاغط ..... الخ.

لذلك فإن الطاقة المستفادة التى يعطيها المحرك للحدافة تكون أقل من الطاقة التى يأخذها المحرك نفسه (المتولدة عند الكباس).

ويمكن إيجاد الكفاية الميكانيكية الكلية من المعادلة التالية:

$$\eta_{mt} = \frac{P_{eff}}{P_i}$$

$$P_i = \frac{P_{eff}}{\eta_{mt}}$$

$$P_{eff} = \eta_{mt} . P_i$$

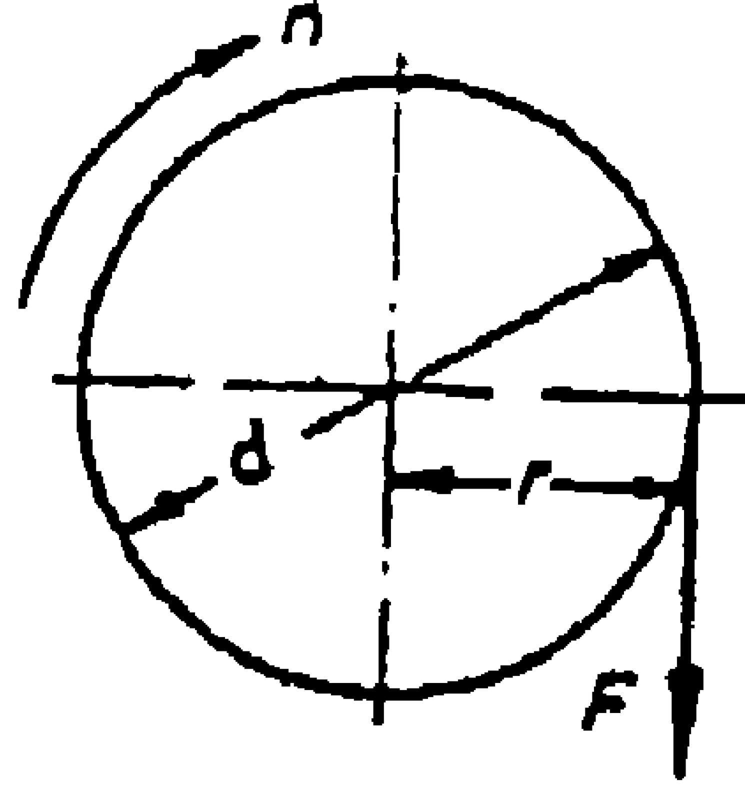
ملاحظة هامة:

لاحظ أن الكفاية الكلية η_{mt} تكون دائما أقل من 1 .

قدرة المحرك وعزم دورانه

تتبع القوة المؤثرة F مسارا يقع على محيط دائرة أثناء الحركة الدائرية الشكل التالى ، لذلك فإننا نعوض عن حساب القدرة من الـصيغة الرياضـية (P=F.V) عن السرعة بمقدار السرعة المحيطة وهى كالآتى:

$V = d \,.\, \Pi .n/60$



$H = F \,.\, r$

$d = 2 \,.\, r$

وتقسم القدرة على 1000 عند تحويلها من W إلى KW حيث (1KW=1000W)

$$P = F \,.\, V = F \,.\, \frac{d.\Pi.n}{60\times100} = \frac{f.2.r.\Pi.n}{60.100}$$

$$= \frac{f.r.n}{\frac{60.1000}{2\Pi}}$$

$$P_{eff} = \frac{M.n}{9550}$$

$$\therefore M = \frac{9550.P_{eff}}{\eta}$$

حيث P_{eff} ... القدرة الفرملية الفعالة (KW)

M ... عزم الدوران (Nm)

N ... سرعة الدوران (r.p.m)

ويرتبط كل من عزم الدوران والقدرة الفرملية الفعالة ببعضها البعض، فكلما أمكن قياس عزم الدوران باستخدام الفرملة مثل فرملة برونى، أو دينـامومتر يعمـل باحتكاك السوائل أو بواسطة فرملة كهربائية، فإنه يمكن حساب القدرة الفرملية وعزم الدوران بعد تحديد قوة التحميل F وسرعة الدوران n أثناء إجـراء الاختبـار علـى المحرك.

أمثلة وتمارين على القدرة والكفاية

مثال:

محرك رباعى الأشواط ذو أربع اسطوانات، يبلـــغ قطـــر اســـطوانته 77mm وطول شوطه 84mm وسرعة دورانه 5500 r.p.m ومتوسط ضغطه الفعال البيانى $P_i =$ 10.96 bar ودرجة كفايته الميكانيكية الكلية 0.84 المطلوب الآتى:

(أ) حجم الشوط الكلى V_s

(ب) القدرة البيانية P_i

(ج) القدرة الفرملية P_{eff}

الحـــــل

(أ) .... 8.4 cm = 391.2 cm^3

$V_{cy} = A \, . \, s = 46.57 \text{ cm}^2$

$V_s = V_{cy} \, . \, Z = 391.2 \text{ cm}^3 \, . \, 4 = 1564.8 \text{ cm}^3 = 1.564$

(ب) $P_1 = \frac{V_s P_i . n}{1200} = \frac{1.353.10.96.5500}{1200} = 78.6 kw$....................

4- احسب القدرة البيانية لدراجة ذات محرك ثنائى الأشواط، يكـــون مـــن اســـطوانة واحدة، إذا كان قطر اسطوانة المحرك 36mm وطول شوطه 32mm ومتوسط الضغط الفعال 7.2 bar وذلك عند سرعة دوران قدرها 3700r.p.m ؟

5- المعطيات الآتية خاصة بمحرك ثنائى الأشواط:

d = 62 mm , s = 64 mm , z = 2 , n = 3750r.p.m

احسب: P_i ، P_{eff} بوحدة kW

5- محرك بنزين رباعى الأشواط مكون من أربع اسطوانات، نسبة قطر الاســـطوانة إلى طول الشوط 64 : 77 ، P_i = 5.8 bar . أوجد قدرة المحـــرك عنـــد ســـرعة دوران

n = 3400 r. p . m

n = 2500 r . p . m

أمثلة وتمارين على قدرة المحرك وعزم دورانه

مثال:

يعطى محرك عند سرعة دوران 2200 r.p.m فترة فرملية مقدارها 22.4kw ، كم يبلغ دوران المحرك ؟

المعطيات:

$n = 2200$ r.p.m , $P_{eff} = 22.4$ kw

المطلوب: M = ? Nm

الحـــل

$$M = \frac{9550.P_{eff}}{\eta} = \frac{9550.22.4}{2200} = 97.2\text{Nm}$$

تمارين :

1- يصل محرك إلى أقصى عزم دوران مقداره 46Nm عند سرعة دوران 2450r.p.m . أوجد قدرة المحرك عند هذه البسرعة ؟

2- احسب قدرة محرك عزم دورانه 69Nm عند سرعة n = 1200 r.p.m ؟

3- تبلغ القدرة الفرملية لمحرك ديزل 31 kw عند سرعة دوران مقدارها 3400 r.p.m أوجد عزم الدوران المؤثر عند الحدافة ؟

4- تبلغ القدرة البيانية لسيارة ركاب 77 kw عند سرعة دوران المحرك مقدارها 4800 r.p.m . أوجد الآتى:

أ- القدرة الفرملية القصوى إذا كانت $\eta = 0.86$

ب- عزم الدوران المناظر لهذه القدرة.

5- محرك جرار ثنائى الأشواط ذو اسطوانة واحدة بياناته كما يلى:

نسبة قطر الاسطوانة إلى الشوط = 120mm : 130mm , $P_i = 4.12$ bar

عزم الدوران عند الحدافة 67.6 Nm وذلك عند n = 1500 r.p.m

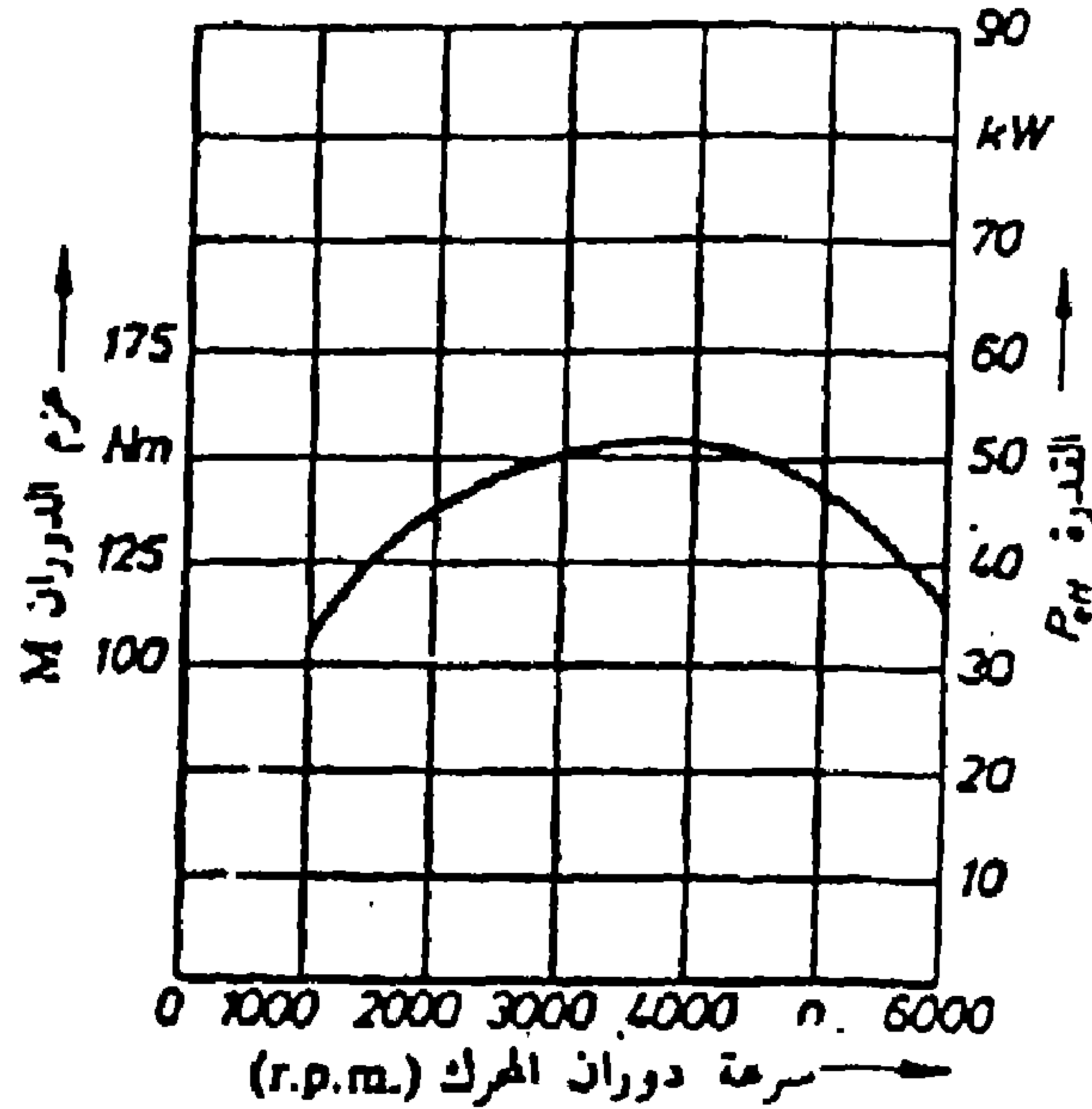
أوجد الآتى:

أ- القدرة الفرملية P_{eff}

ب- القدرة البيانية P_i

ج- الكفاية الميكانيكية الكلية η_{mt}

6- تم تسجيل البيانات التالية أثناء اختبار محرك وهى كما يلى:



	أ	ب	ج	د	هـ	و
N(r.p.m)	100	2000	3000	4000	5000	6000
M(Nm)	110	141	150	153	142	112
P_{eff} (kw)						

المطلوب: حساب القيم الناقصة فى الجدول ورسم المنحنى المبين فى الشكل السابق إذا كانت القدرة المستفادة القصوى تبلغ 74kw وذلك عند سرعة دوران مقدارها 5400 r.p.m .

7- احسب عزم دوران محرك رباعى الأشواط ذى الاسطوانة واحدة عند n = 5500 r.p.m علما بأن نسبة قطر الاسطوانة إلى الشوط 64mm: 61.5mm، P_i= 6.5bar ، $\eta_{mt} = 0.8$ ؟

1

الجزء الأول

محركات البنزين

3

الباب الثالث

تركيب ومواصفات
أنواع محركات الاحتراق الداخلى

The construction, description and types of Internal combustion engines

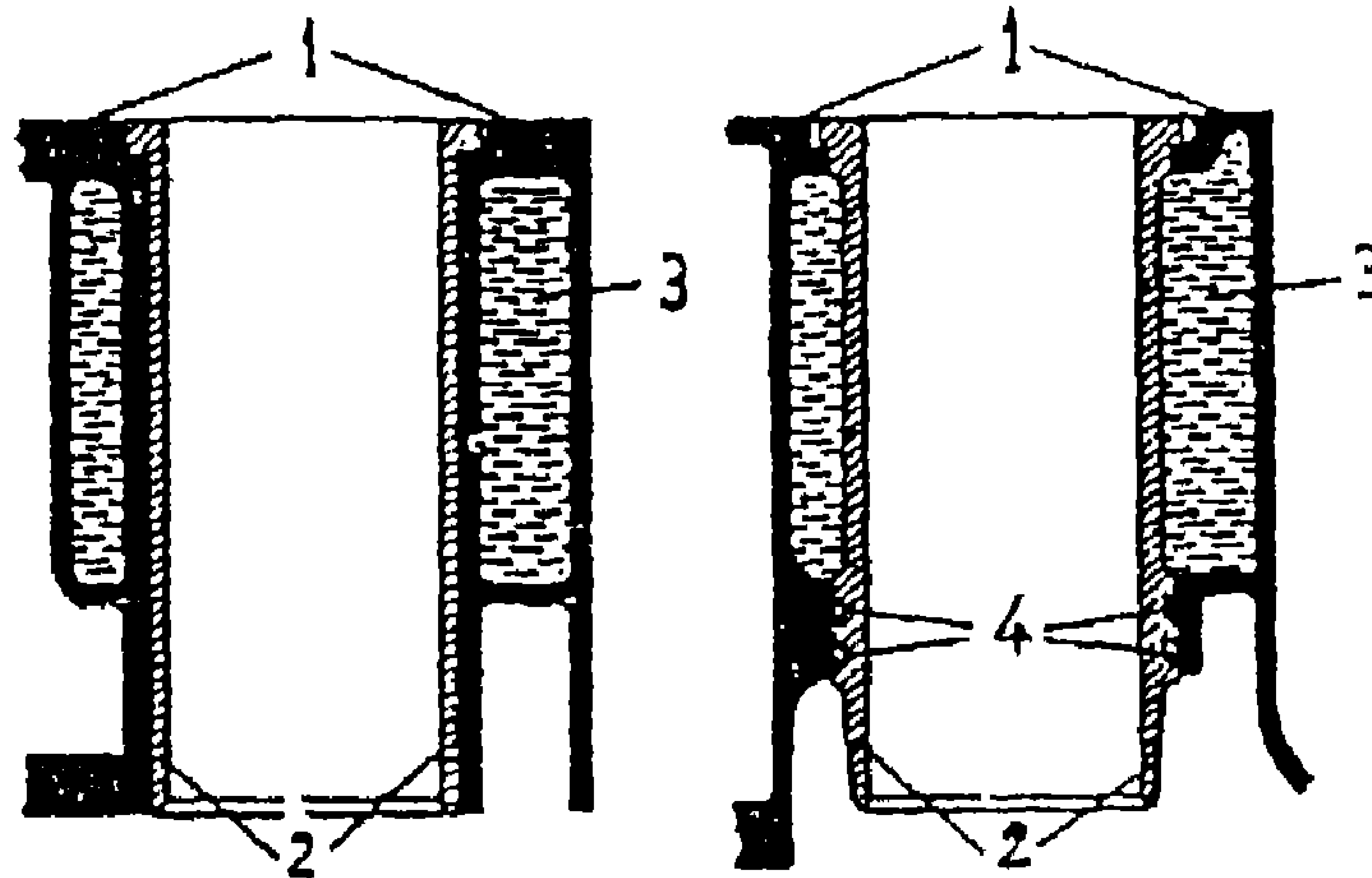
الفصل الأول

تركيب محركات الاحتراق الداخلى

الاسطوانات ورأس الاسطوانات

تصنع الاسطوانات ورأس الاسطوانات من حديد الزهـر الرمـادى أو مـن مسبوكات المعادن الخفيفة، تثبت الصمامات وآليات تشغيلها ومجارى السحب بـرأس الاسطوانات (فى حالة الصمامات المثبتة بالرأس).

صممت اسطوانات المحركات الحديثة بحيث تثبت بداخلها (البطائن) Cylinders liner شكل (3-1) ، قد تكون هذه البطائن جافة أى يحيط بها غـلاف (قمـيص) مـن المعادن السابق ذكرها، بحيث يلامسها بطول محيطها الكلى، وقد تكون بطائن مبتلة أى تحيط بها مياه التبريد بمنطقتها الوسطى مباشرة، بحيث يحكم تثبيتها من أعلى ومـن أسفل.



شكل (3-1) بطائن الاسطوانات

(أ) بطانة جافة.

(ب) بطانة مبتلة.

1- مجمع كتلة المحرك.

2- البطانة.

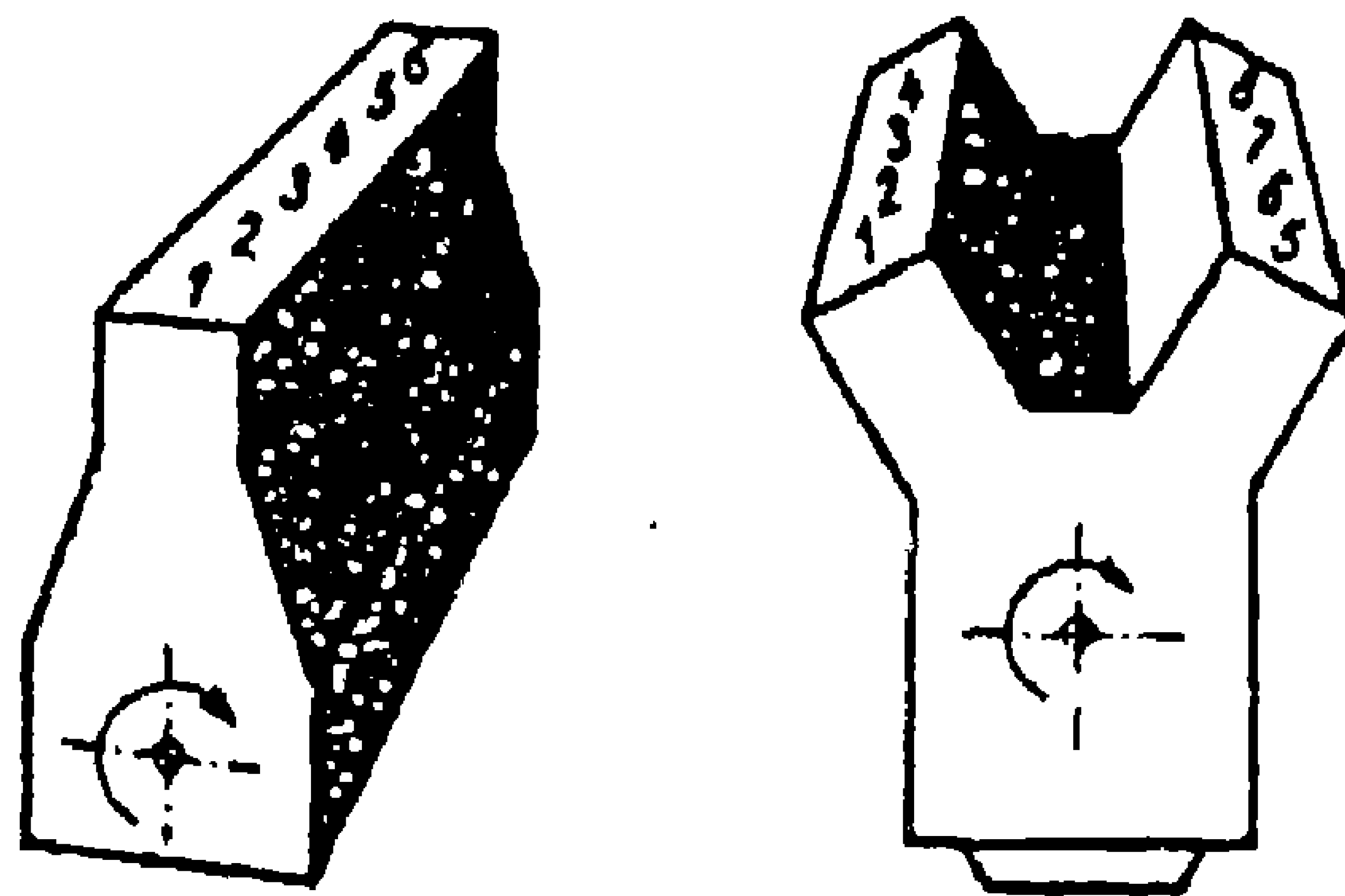
3- مياه التبريد.

4- حشية (جوان).

تصب مجموعة الاسطوانات ككتلة واحدة في المحركات المبردة بالماء، وتنشأ عن ذلك كتلة الاسطوانات، وتكون هذه الكتلة مع علبة المرفق جزءا واحد يسمى بكتلة الاسطوانات والمرفق.

أما المحركات المبردة بالهواء فتتكون عادة من اسطوانات منفصلة تثبت على علبة المرفق بمحاور ملولبة.

ترقم الاسطوانات طبقا للمواصفات القياسية الدولية كما هو موضح بالشكل 3-2 بحيث يبدأ الترقيم بالاسطوانات الواقعة فى جهة مأخذ القدرة (جهة بذل القوة)، ويتم ذلك أيضاً فى المحركات ذات الاسطوانات المتقابلة والمحركات التى على شكل حرف V ، بحيث يبدأ الترقيم بالاسطوانات الواقعة على الجانب الأيسر، ثم الاسطوانات الواقعة على الجانب الأيمن.



شكل (3-2)

ترقيم الاسطوانات طبقا للمواصفات القياسية الدولية

وظيفة الاسطوانات:

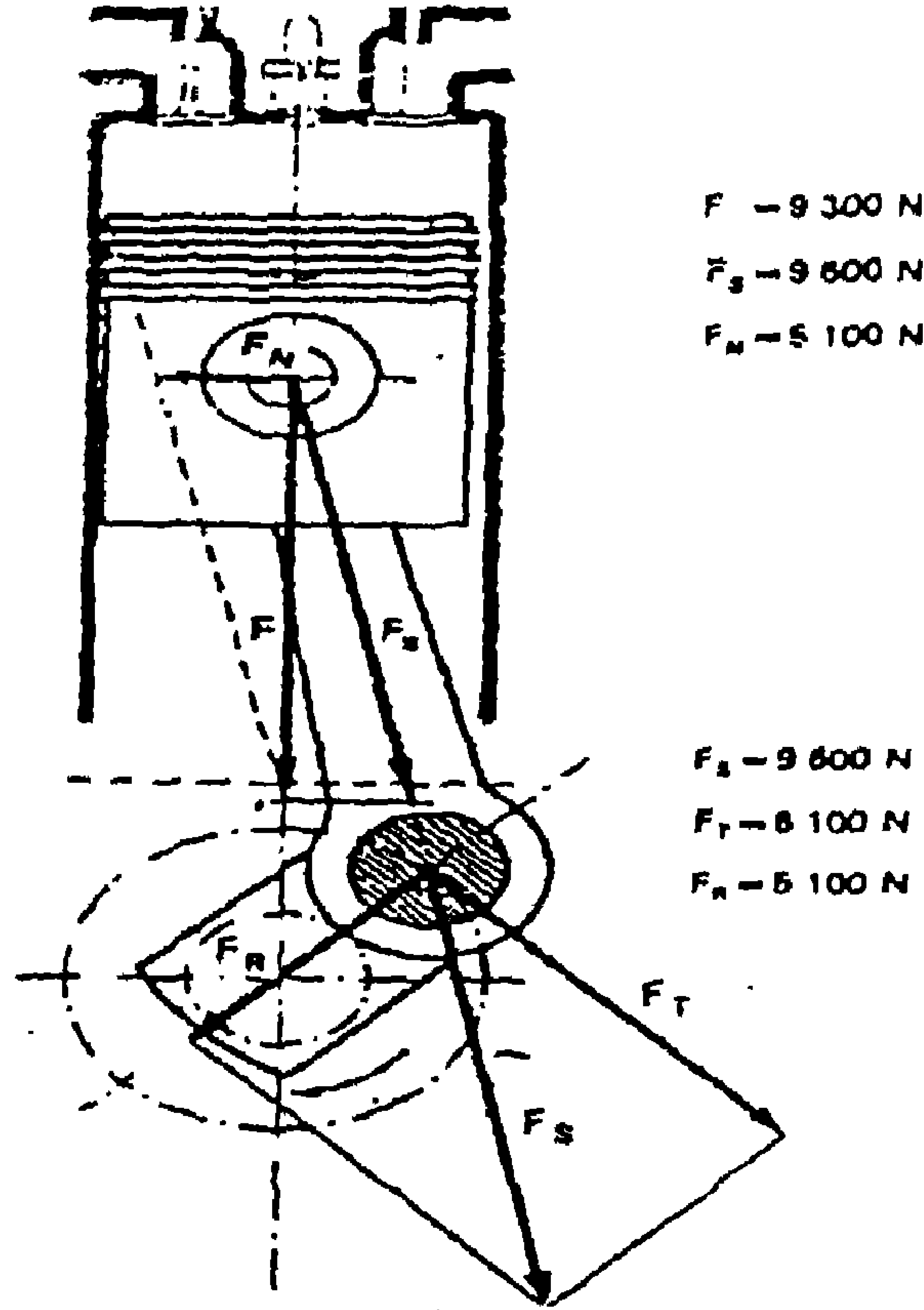
تقوم اسطوانات محركات الاحتراق الداخلى بعدة وظائف أهمها الآتى:

1- تكوين غرف احتراق.
2- تلقى الضغوط المتولدة.
3- نقل القدرة.
4- توجيه الكباسات.

الإجهادات المؤثرة على الاسطوانات:

تقع إجهادات على كل اسطوانة من اسطوانات محركات الاحتراق الداخلى وهى كالآتى:

1- الضغط العالى الذى يتراوح فى محركات أوتو ما بين (60 bar – 40 bar) وفى محركات الديزل ما بين (80 bar – 50 bar) .
2- درجات الحرارة العالية والتى تصل بالمناطق القريبة من شمعة الاشتعال إلى حوالى 2000°C فى لحظة الاشتعال، وتبلغ درجة الحرارة عند جدران اسطوانات المحركات المبردة بالماء ما بين (120°C : 80°C) ، بينما تبلغ درجة الحرارة عند جدران اسطوانات المحركات المبردة بالهواء ما بين (220°C : 100°C) .
3- الاحتكاك يكون قويا وخاصة عندما يكون الكباس فى منتصف الشوط، فحينئذ يدفع ذراع التوصيل الذى يكون فى وضع مائل الكباس إلى أعلى ضاغطا إياه بقوة على جدران الاسطوانة ، وينشأ عن هذا الضغط قوى احتكاك كبيرة، هذه القوى تؤثر على مجموعة المرفق والكباس والاسطوانة كما هو موضح بالشكل (3-3) .



شكل (3-3)

القوى المؤثرة على الكباس والاسطوانة وعمود المرفق

يمكن تحليل القوى المؤثرة على الكباس f إلى مركبتين هما:

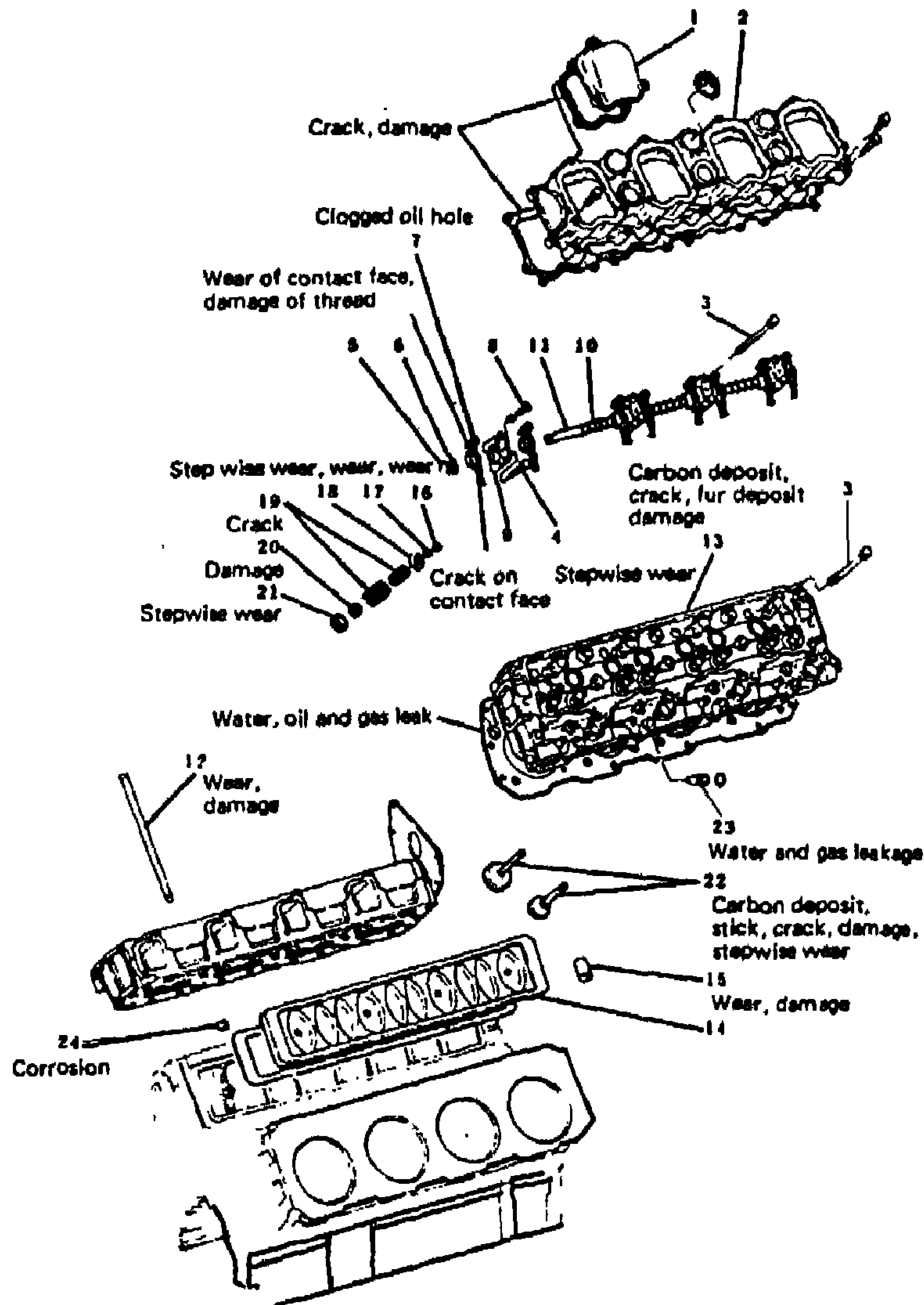
(أ) قوة جانبية F_N تؤثر عموديا على جدار الاسطوانة.

(ب) قوة F_s تؤثر في اتجاه ذراع التوصيل، الذى ينقلها إلى إصبع أو مسمار عمود المرفق.

تحلل القوة F_s المؤثرة على مسمار عمود المرفق إلى قوة مماسة لدائرة الدوران (قوة إدارة) F_T وقوة إشعاعية (نصف قطرية) F_R ، ويمثل طول كل سهم مقدار القوة علما بأن مقياس الرسم لكل 1 cm يعادل 3000N .

رأس الاسطوانات:

رأس الاسطوانات الموضح بشكل (3-4) عبارة عن سطح عنق للاسطوانات من أعلاها، يحتوى من الجهة السفلى على غرفة الاحتراق، وعلى فتحات الاتصال بأنابيب السحب وأنابيب العادم، كما يحتوى من الجهة العليا على محامل عمود الحدبات وأدلة الصمامات والثقوب الملولبة لشموع الاشتعال.



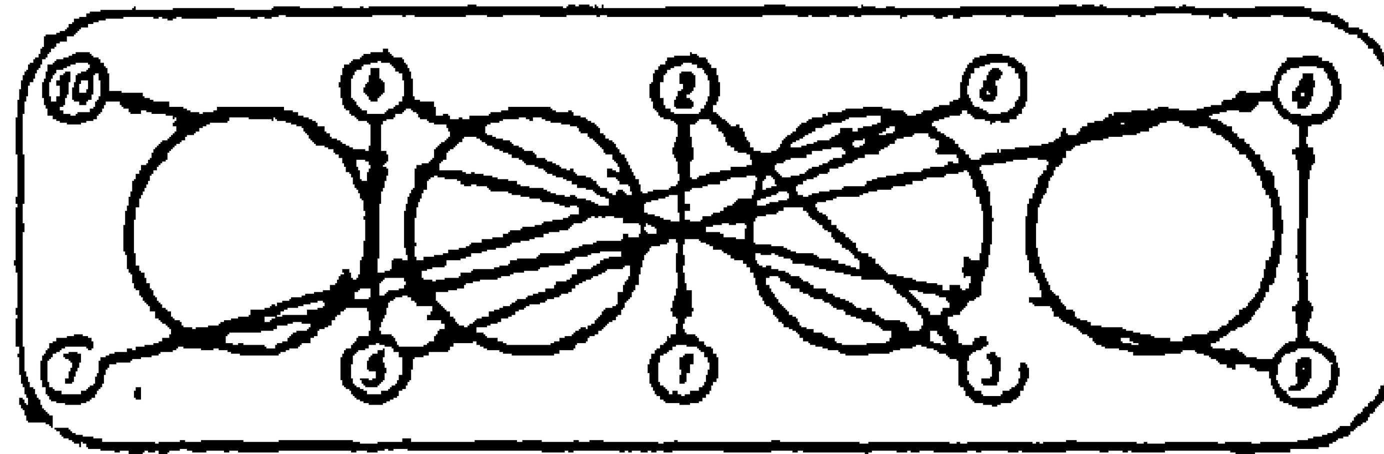
شكل (3-4) رأس الاسطوانات (رقم 13) وملحقاته وآليه نقل الحركة للصمامات

1- غطاء أذرع التأرجح
2- غلاف أذرع التأرجح
3- برغى رأس الأسطوانات
4- برغى
5- حلقة تثبيت
6- حلقة اسناد
7- ذراع تأرجح
8- لولب
9- سند عمود التأرجح
10- نابض
11- عمود التأرجح
12- رأس عمود الدفع
13- رأس الأسطوانات

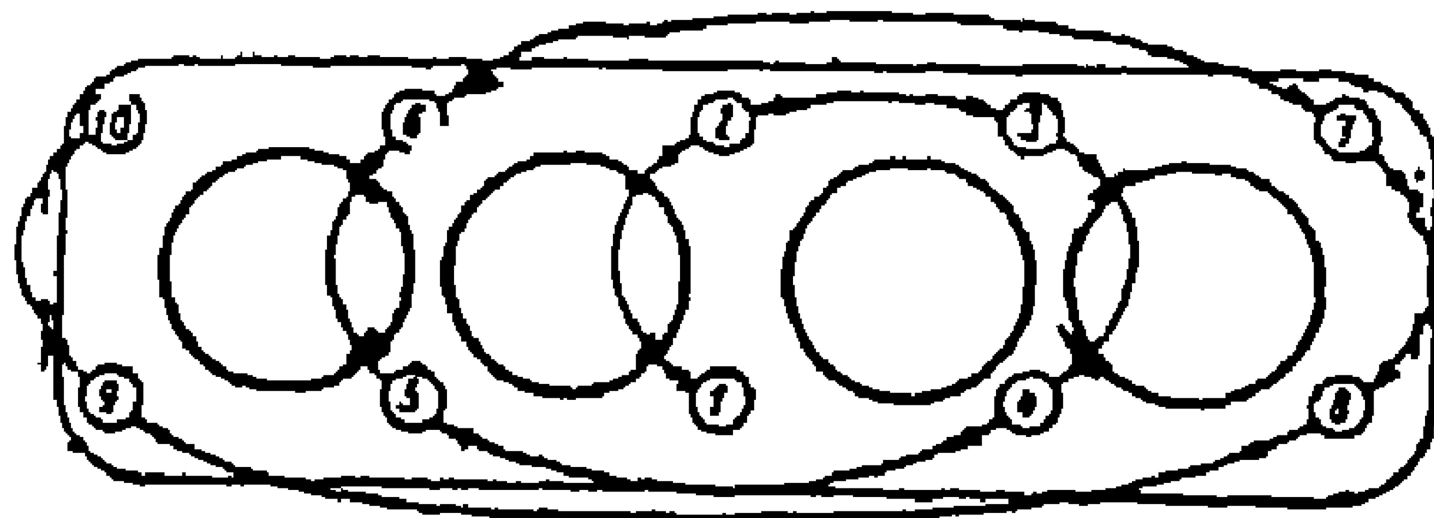
تثبيت رأس الاسطوانات:

تثبيت رأس الاسطوانات بكتلة الاسطوانات بواسطة محاور ملولبة، يستعمل مفتاح عزم مقنن لربطها، ويتم الرتبط طبقا لتعليمات الشركة المنتجة، على أن يبدأ بربط المسامير الواقعة فى الوسط، ثم تلك الموجودة فى الأطراف، أما فى خطوط مستقيمة متقاطعة شكل (3-5) (أ) أو فى مسار حلزونى شكل (3-5) (ب) .

تربط المحاور الملولبة أولا بربط خفيف، ثم بدرجة أشد، وأخيراً تربط بعزم إلى المحدد، كما يجب إعادة ربطها بعد سير المركبة مسافة حوالى 500km.



(أ)



(ب)

شكل (3-5) ربط اللوالب برأس الاسطوانات

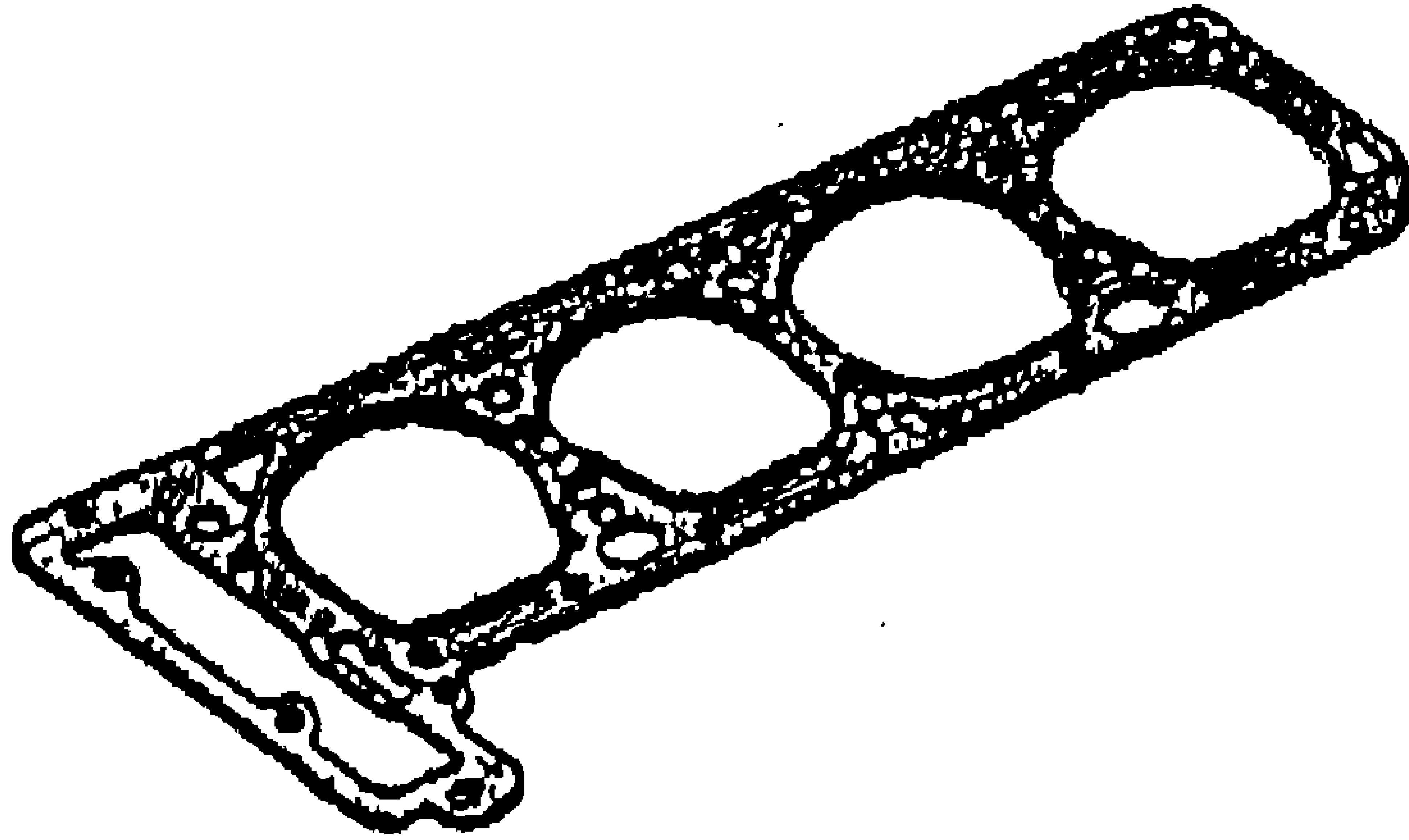
(أ) ربط اللوالب برأس الاسطوانات فى خطوط مستقيمة متقاطعة.

(ب) ربط اللوالب برأس الاسطوانات فى مسار حلزونى.

مانع تسرب رأس الاسطوانات Cylinder head gasket :

يستعمل مانع تسرب لرأس الاسطوانات الموضح بشكل (3-5) لمنع تسرب الغازات من غرفة الاحتراق لكى لا تنفذ مياه التبريد إلى داخل الاسطوانات، ولا يؤدى مانع التسرب وظيفته على أكمل وجه، إلا إذا كان كل من سطح رأس الاسطوانات وكتلة الاسطوانات تامتا الاستواء. وينشأ عدم استواء سطح رأس الاسطوانات بسبب فكه بينما يكون المحرك لا يزال ساخنا.

يصنع مانع التسرب راس الاسطوانات بمواصفات قياسية دولية، بحيث لا يتأثر بدرجات الحرارة العالية، ويتمتع بمقاومة كبيرة للاجهادات الدائمة والناتجة عن الضغوط العالية الموجودة فى داخل الاسطوانات.



شكل (3-6) مانع تسرب رأس الاسطوانات

الكباسات Pistons :

تصنع الكباسات بحيث تقاوم الضغوط المرتفعة ودرجات الحرارة العالية جدا. ونظرا لقوى التسارع الكبيرة والمؤثرة على الكباسات، فإن خفة وزنها تلعب دورا هاما فى هذا المقام.

تستخدم الكباسات المصنوعة من المعادن الخفيفة على نطاق واسع فى آلات الاحتراق الداخلى، وفى مجال هندسة السيارات بصفة خاصة، وذلك لتميزها بحسن

أدائها فى درجات الحرارة المرتفعة.

تصنع الكباسات من معادن خفيفة مثل سبائك الألومنيوم، وأحياناً يستخدم حديد الزهر الرمادى لصنعها، وتصب معظم الكباسات المصنوعة لإجهادات عالية، وخصوصا محركات سيارات السباق، ومحركات الطائرات، فتتم صناعة كباساتها بالكبس، وبذلك تكتسب صفة المتانة والصلادة العالية.

أجزاء الكباس:

شكل رأس الكباس فى محركات أوتو الرباعية الأشواط يكون إما مستويا أو محدبا بدرجة خفيفة شكل (3-7) .

تؤثر درجة الكسح بدرجة كبيرة على شكل رأس الكباس فى المحركات ثنائية الأشواط، بينما تحدد طريقة الاحتراق هذا الشكل فى محركات الديزل.

يعتمد سمك رأس الكباس على مقدار ضغط الاحتراق، أما ارتفاع منطقة الحلقات Rings فيتوقف على عدد أبعادها ويعرف الجزء العلوى من رأس الكباس إلى أول حلقة بشفة الحريق.

وظيفة جزع الكباس هى توجيه حركة الكباس داخل الاسطوانة، ونقل القوى الجاذبية إلى جدران الاسطوانة. وتتحكم الفتحات والنهاية السفلى لجزع الكباس فى سريان الغازات فى المحركات الثنائية الأشواط. أما صرة محور الكباس فتنقل القوى المؤثرة على الكباس إلى ذراع التوصيل عن طريق محور الكباس.

شكل (7-3) الأبعاد والأجزاء الرئيسية للكباس

أثر ارتفاع درجة حرارة الكباس:

تتوقف درجة حرارة الكباس على طريقة تشغيل المحرك ونوع التبريد. وقد تصل درجة حرارة مركز رأس الكباس فى محركات ديزل إلى درجة أعلى من 400°C بينما لا تتعدى 320°C فى محركات أوتو المبرد بالهواء. ويتراوح درجة حرارة نهاية جذع الكباس بين 100°C و 150°C . وينتج عن الاختلاف الكبير فى درجات الحرارة اختلاف كبير فى مقدار التمدد الحرارى لرأس الكباس وعند جذعه. كما يؤدى تجمع المعدن بقدر أكبر عند رأس الكباس إلى تمدج حرارى أكثر شدة فى اتجاه تجويف محور الكباس.

ونظرا لتمدد الاسطوانة بدرجة أقل من تمدد الكباس، بسبب انخفاض درجة حرارتها عند درجة حرارة الكباس، وكذلك لاختلاف مادتها عن مادة الكباس. لذلك يراعى تركيب الكباس بخلوص مناظر لفرق التمدد حتى يمكن تجنب إتلاف غشاء زيت التزليق. ولكى يحتفظ بالخلوص اللازم للتركيب فى أضيق الحدود، وأن يكون

للكباس خلوص واحد فى كل الأوضاع وعند كل ظروف التشغيل، تتخذ الإجــراءات التالية:

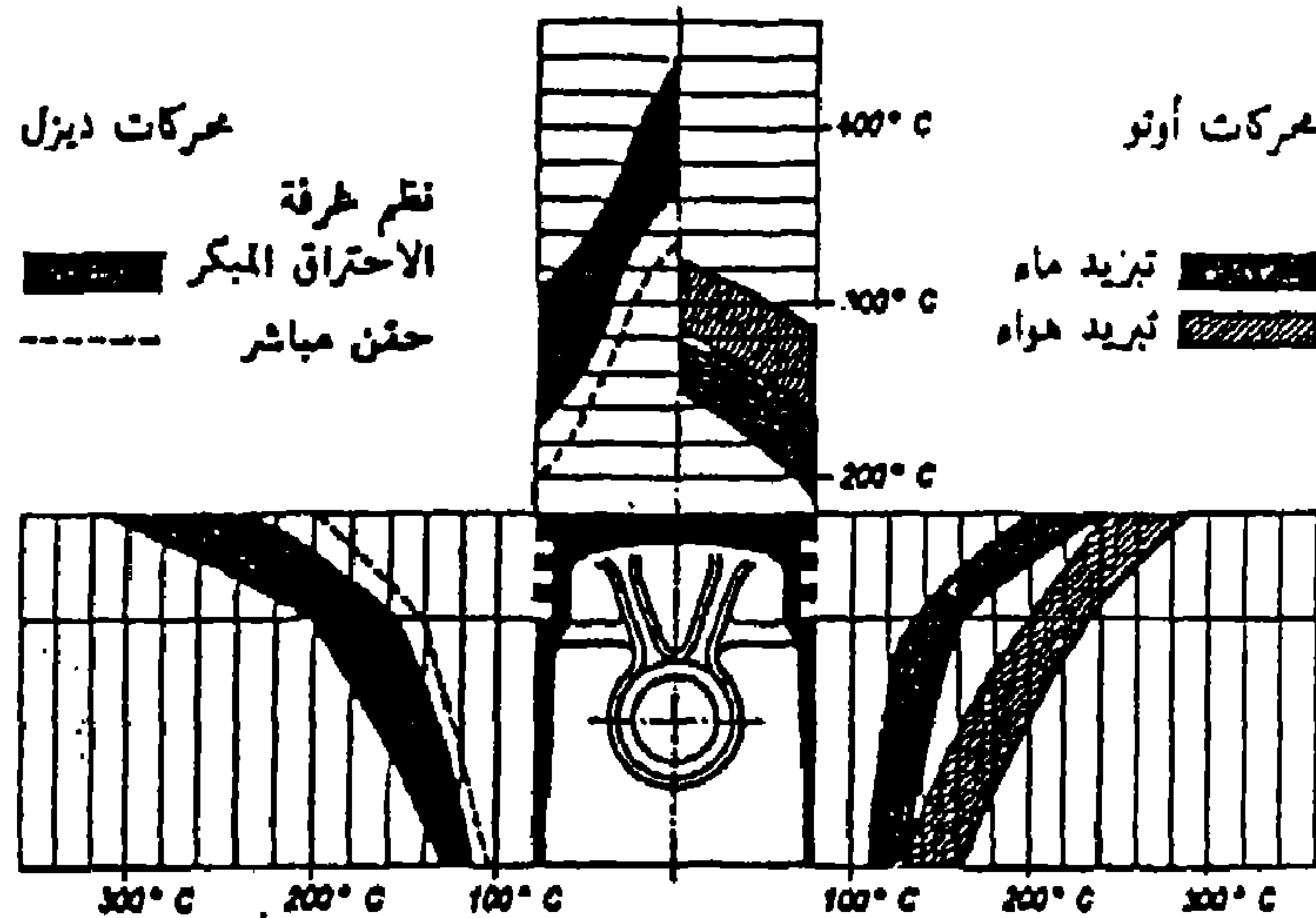
1- تستعمل غالبا سبيكة من الألمونيوم والسليكون كمادة لتصنيع الكباسات.

2- يجلخ الكباس فى اتجاه رأسه بتحدب أو بشكل مخروطى (مسلوب) إلى قطــر أصغر.

3- يخرط الكباس بشكل بيضاوى المقطع بحيث يكون قطره فـــى اتجـــاه صـــره الكباس أقل من قطره فى الاتجاه المتعامد مع محور الصرة.

4- توضع شرائح من الصلب أو الحديد الزهر الرمادى فى داخل القوالب أثنـــاء صب الكباس، لتعمل على إعاقة التمدد الحرارى، وللمحافظة علـــى الـشكل الصحيح للكباس بتأثير الازدواج المعدنى عند ارتفاع درجة الحرارة.

وشكل (8-3) يوضح رسم تخطيطى للكباس وتوزيع درجات الحـــرارة علـــى منطقـــة الرأس، أما الأشكال الجانبية فهى توضح درجات الحرارة عند الجزع.



شكل (8-3)

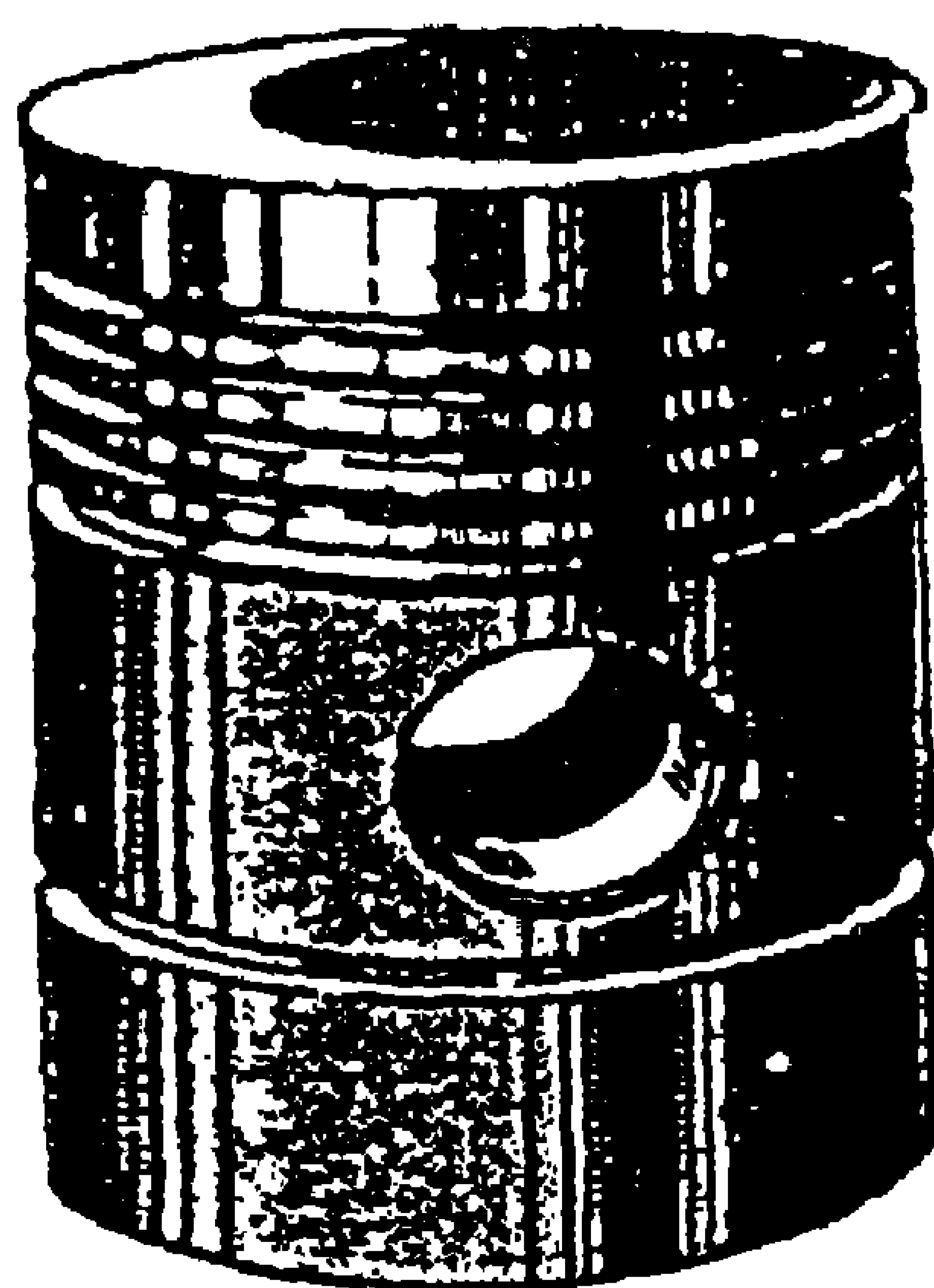
توزيع درجات حرارة أثناء تشغيل كباس مصنوع من سبيكة ألمونيوم عند منطقة الرأس والجذع فى محرك رباعى الأشواط

أنواع الكباسات

تختلف أنواع وأشكال الكباسات باختلاف تنوع الإجهادات المؤثرة عليها، وكذلك نتيجة اختلاف الإجراءات المتخذة للتغلب على المعدل الكبير للتمدد الحرارى للمعادن الخفيفة. وفيما يلى عرض لأكثر أنواع الكَباسات انتشارا.

1- كباس بجذع كامل:

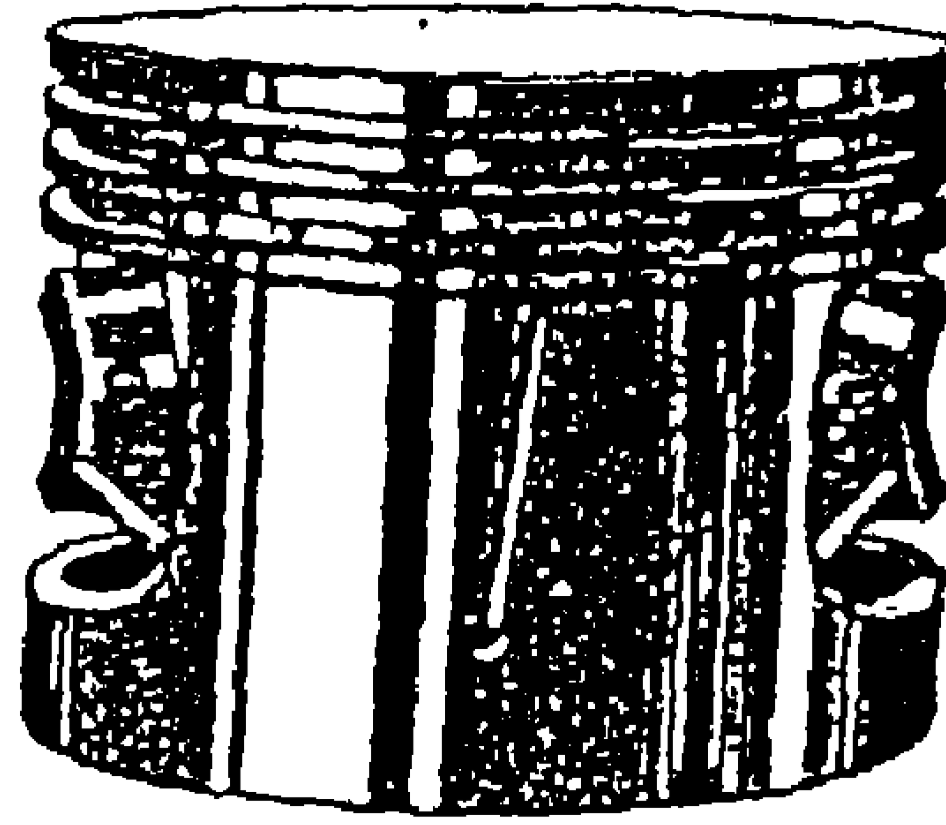
الكباس ذو الجذع الكامل الموضح بشكل (3-9) يناسب المحركات ذات الإجهادات الميكانيكية والحرارية العالية، مثل محركات الديزل والمحركات ثنائية الأشواط.



شكل (3-9) كباس بجذع كامل

2- كباس بجذع ذو شق:

- يتميز الكباس ذو الشق الموضح بشكل 3-10 بوجود شق فى مجرى حلقة الزيت، يتفرع من شق آخر يمتد إلى قبل نهاية الجذع بقليل.

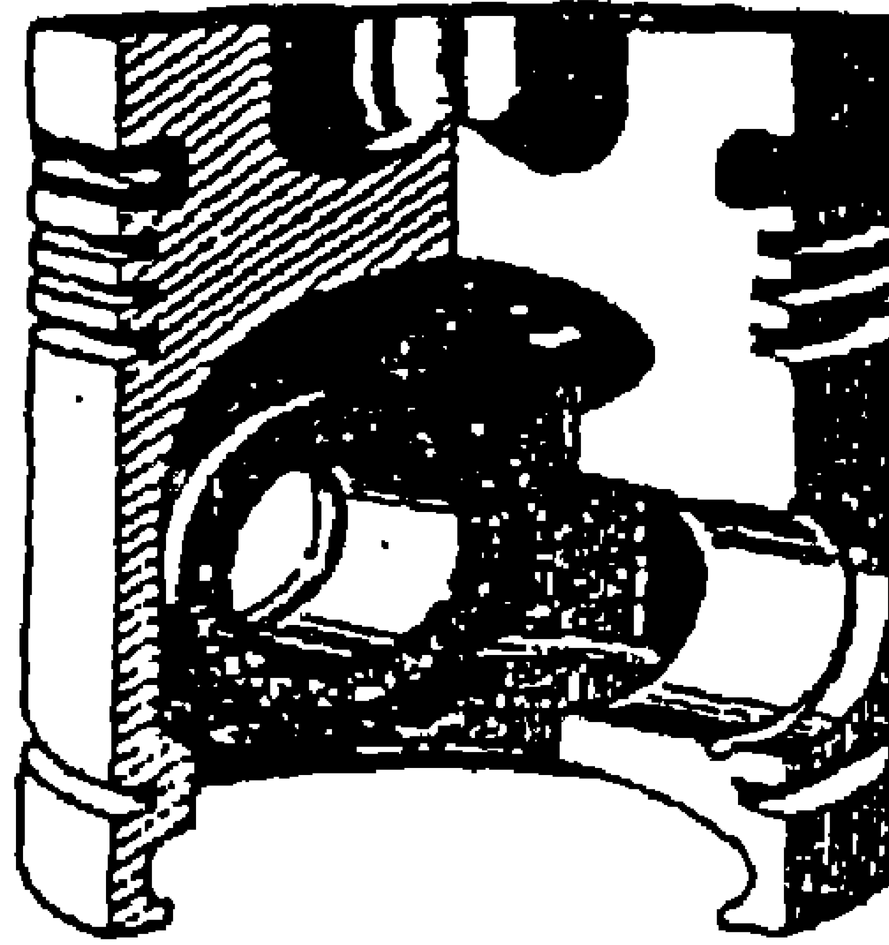


شكل (3-10) كباس بجذع ذو شق

3- كباس بحامل حلقات:

يستخدم الكباس ذو الحامل للحلقات شكل (3-12) وفى حالة تعرض الحلقة العليا للكباس للتحميل الحرارى المرتفع، حيث تدعم هذه المجرى بصب حلقة تقوية للحلقة العليا من حديد الزهر الرمادى الخاص، الأمر الذى يؤدى إلى طول عمر الكباس (زيادة مدة التشغيل).

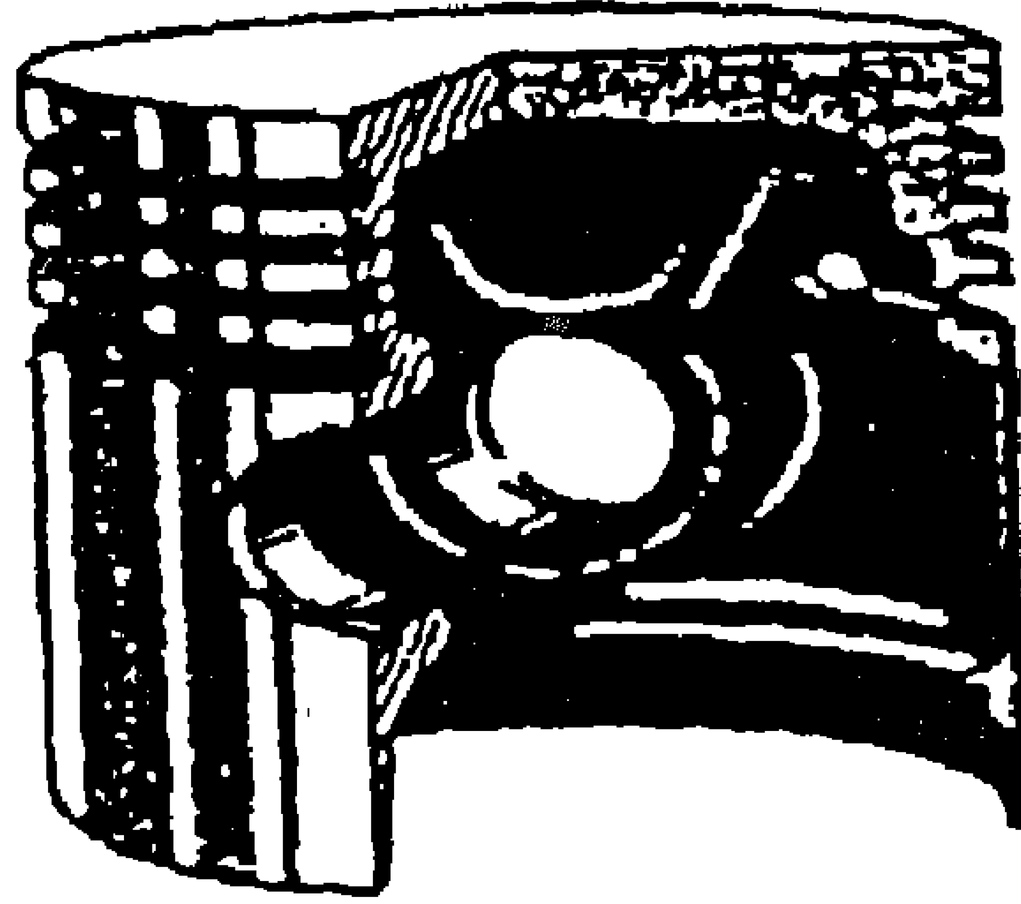
تستعمل هذه الكباسات فى محركات الجرارات ومحركات الديزل المستخدمة فى تشغيل المركبات والمجهدة حراريا بدرجة كبيرة.



شكل (3-11) كباس بحامل حلقات

4- كباس مرن:

يعرف الكباس المرن شكل (3-12) بالكباس ذو جذع رقيق الجدار. يستخدم هذا النوع من الكباسات فى المحركات ذات درجات الحرارة المرتفعة، لذلك فإنه يركب بخلوص صغير.



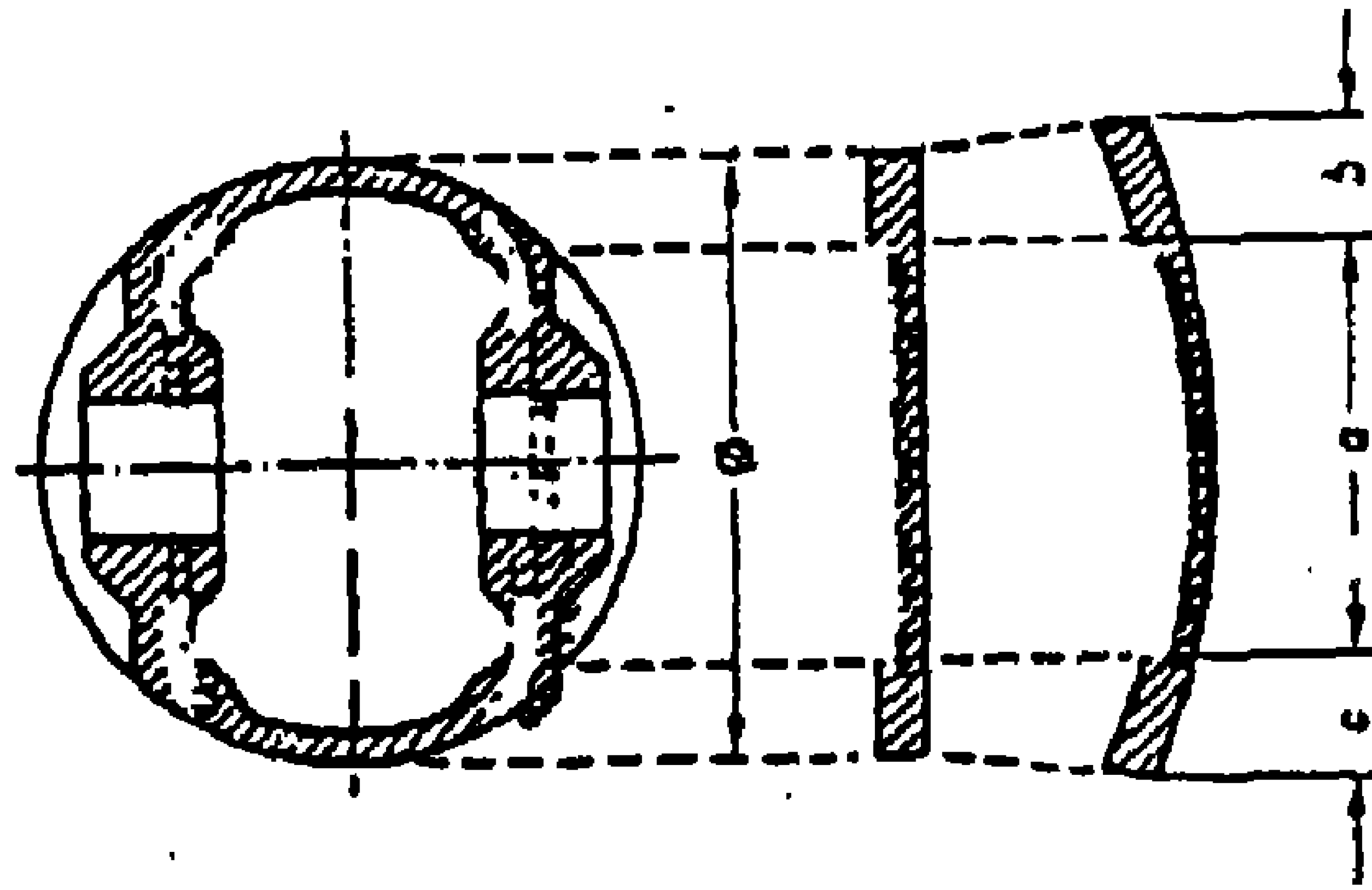
شكل (3-12) كباس مرن

5- كباس ذو شريط صلب:

يعرف الكباس ذو شريط الصلب بكباس أوتوثرماتيك أو بكباس أوتوثرماتيك بأنواعه التالية:

(أ) كباس ذو شريط صلب طولي:

يصب شريط من حديد الصلب في جزء صرة مسمار الكباس من الداخل، ويكون هذا مع طبقة سبيكة الألومنيوم الملاصقة له ازدواجا معدنيا، وعند ارتفاع درجة الحرارة يتقوس الازدواج المعدني كما هو موضح بشكل (3-14) حيث يتغير البعد a تغيرا طفيفا، بينما يتغير كل من البعدين c , b بما يناظر التمدد الحراري لمادة المكبس.

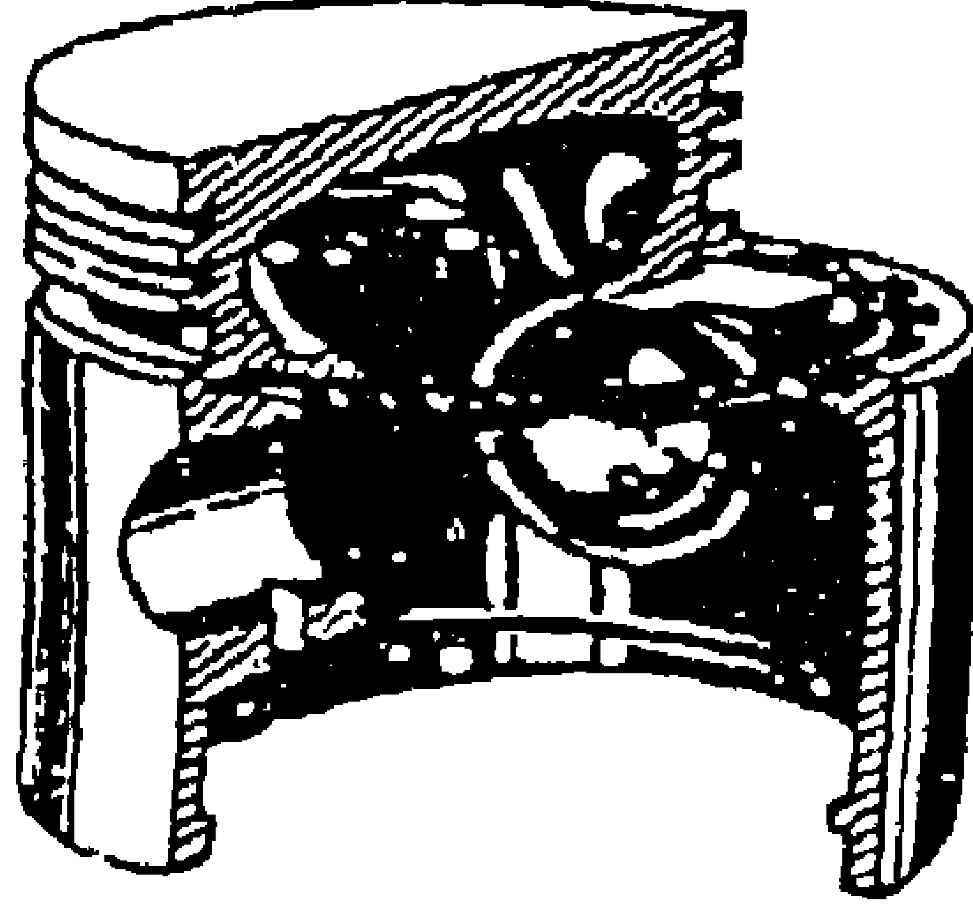


شكل (3-13) كباس ذو شريط صلب طولي

(ب) كباس ذو شريط حلقي:

تصب حلقة مغلقة ومسننة من حديد الصلب في داخل الكباس كما هو موضح

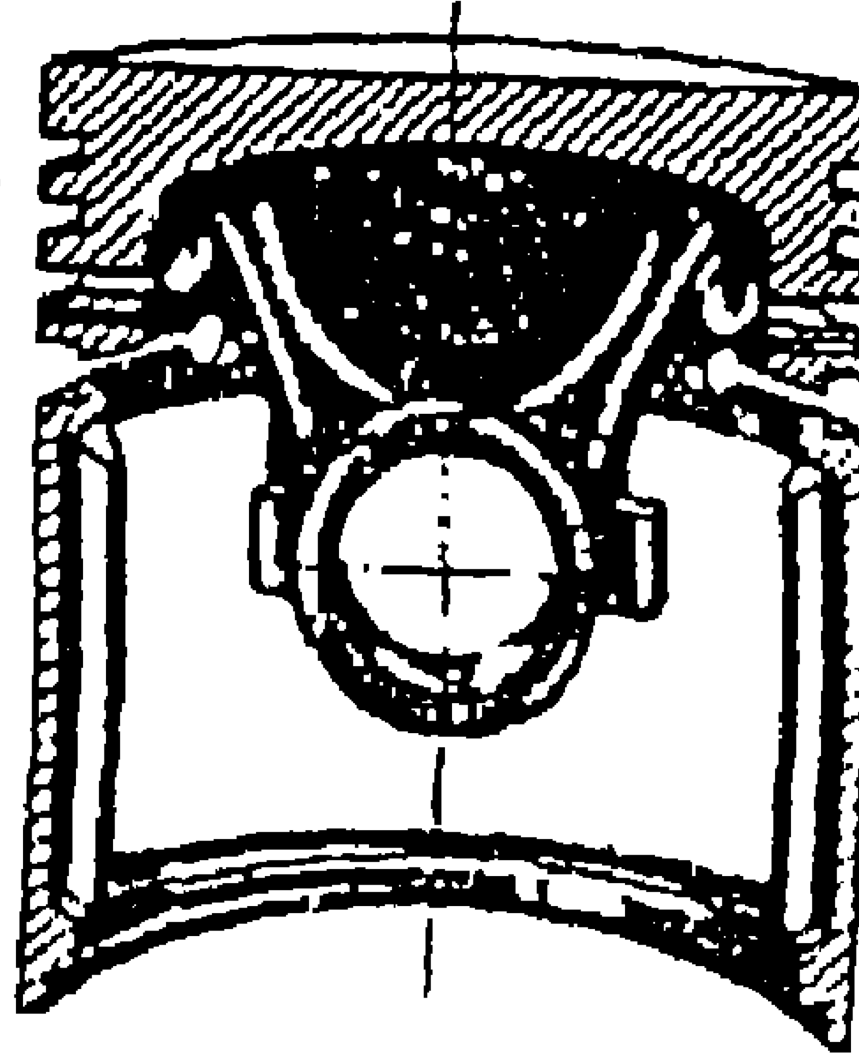
بشكل (3-14) أسفل مجرى حلقة كشط الزيت وتعمل هذه الحلقة علـــى إعاقـــة تمـــدد الكباس.



شكل (3-14) كباس ذو شريط حلقى

(جـ) كباس ذو شريط عريض مثقب:

يصب شريط عريض مثقب فى جذع الكباس كما هو موضح بشـــكل (3-16) ويمكن ملائمة تمدد الكباس مع توزيع درجة الحرارة فى جذعه عـــن طريـــق عمـــل الثقوب. يتميز هذا الكباس بانخفاض الضوضاء أثناء تشغيله.



شكل (3-15) كباس ذو شريط عريض مثقب

المواد المستخدمة فى صنع الكباسات:

تتميز الكباسات المصنوعة من حديد الزهر الرمادى عن الكباسات المصنوعة من سبائك الألومنيوم بارتفاع قابليتها للتزليق، وارتفاع مقاومتها للبلى، ونظرا لدوران

المحركات الحديثة بسرعات عالية، مما ينتج عنه قوى تسارع كبيرة لكتل المعدن المتحركة، فلا يستعمل حديد الزهر الرمادى فى صنع كباسات المحركات، ويقتصر استخدامه فى كباسات الضواغط.

ولما كان الألمونيوم النقي من المعادن اللينة وذات مقاومة بلى غير كافية، فإنه لا يصلح بمفرده لصناعة الكباسات، ويجب مزجه فى سبيكة وفيما يلى عرض لأكثر أنواع السبائك المستخدمة فى صناعة الكباسات فى بعض الدول المتقدمة.

1- سبيكة الألومنيوم والسليكون (12 % سليكون) :

تستخدم سبيكة الألومنيوم والسليكون بنسبة سليكون حوالى 12% (سبيكة بوتكتيك). وهذه السبيكة هى المستعملة عادة فى كباسات محركات أوتو رباعية الأشواط، وهى سبيكة جيدة التشغيل، وينخفض السليكون من مقدار التمدد الحرارى كما يزيد من مقاومة البلى.

2- سبيكة الألومنيوم والسليكون (18% سليكون):

تتميز سبيكة الألومنيوم والسليكون بنسبة 18% سليكون، بارتفاع نسبة السليكون، الأمر الذى يؤدى إلى انخفاض مقدار التمدد الحرارى بمقدار أكبر، كما يزداد كل من صلادة ومقاومة البلى.

تؤدى بلورات السليكون المنتشرة فى المادة إلى صعوبة تشغيلها وتستعمل هذه السبيكة بصورة خاصة فى الكباسات المجهدة حراريا بدرجة عالية، مثل كباسات محركات الديزل وكباسات المحركات ثنائية الأشواط.

3- سبيكة الألومنيوم والسليكون (24% سليكون):

تتميز سبيكة الألومنيوم بنسبة حوالى 24% سليكون، بزيادة نسبة السليكون، الأمر الذى يؤدى إلى تمتع هذه السبيكة بأقل مقدار تمدد حرارى، ومقاومة بلى عالية، وتعتبر هذه السبيكة من أصعب أنواع السبائك فى تشغيلها، واستعمال هذه السبيكة يمكن عمل تصميمات التركيبات بأقل خلوص ممكن.

الحلقات *Rings*

تقوم حلقات الكباسات بعدة وظائف أهمها الأتى:

1- الحصول على أحكام تام بين الكباس والاسطوانة، وعدم تسرب الغازات من غرفة الاحتراق إلى علبة المرفق.

2- منع وصول زيت التز إلى غرفة الاحتراق.

3- توصيل الحرارة من رأس الكباس إلى جدار الاسطوانة.

أنواع الحلقات

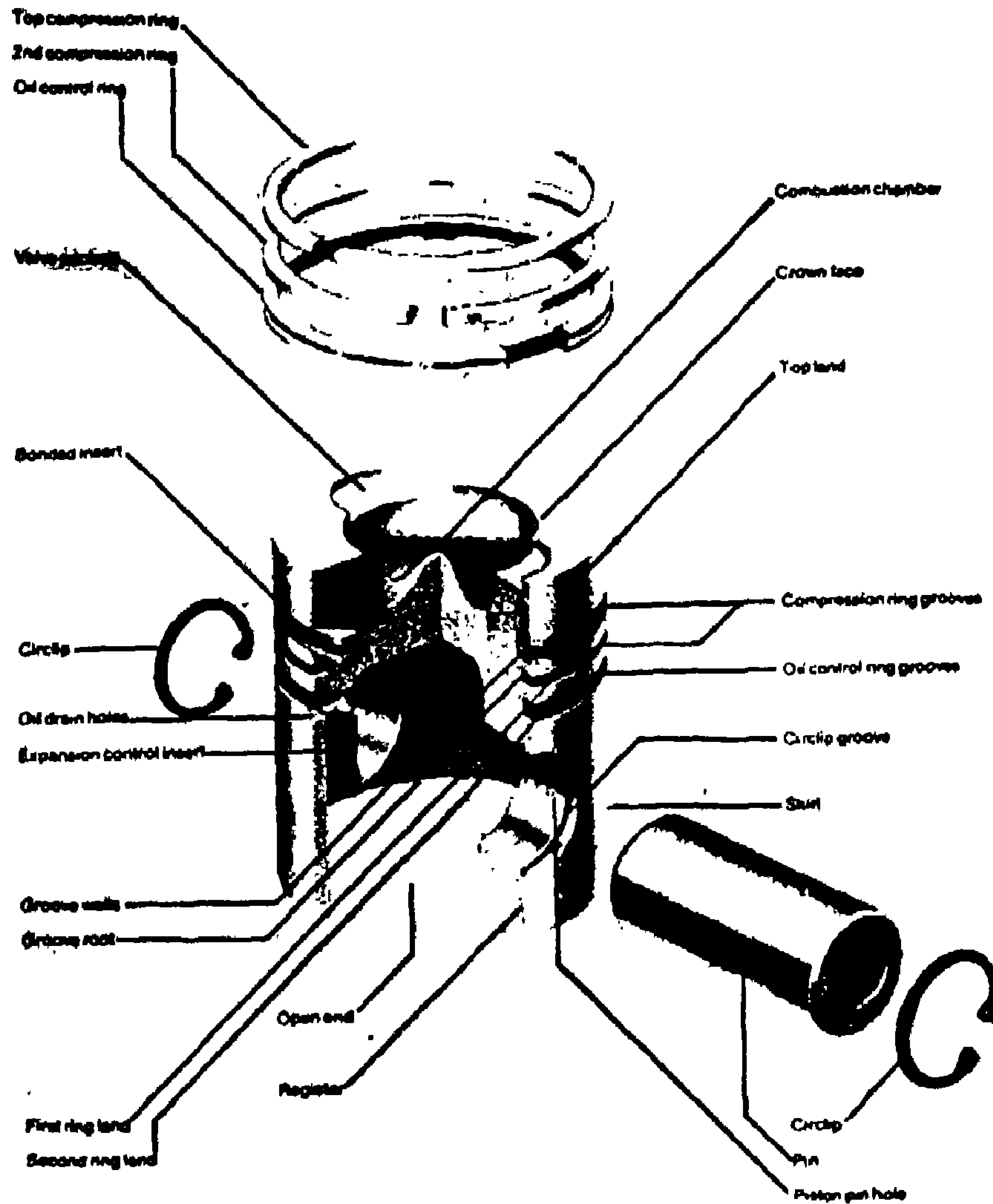
تنقسم حلقات الكباس الموضحة بشكل (3-16) إلى نوعين أساسيين هما:

1- حلقات إحكام الانضغاط Compression Rings

2- حلقات ذات شق للزيت Oil Slotted Rings

يستعمل عادة فى كل كباس بمحركات أوتو حلقتين أو ثلاثة حلقات انضغاط، وحلقة كشط زيت واحدة، أما محركات ديزل فتستعمل عدد أكبر من الحلقات، وذلك للارتفاع الكبير فى الانضغاط داخل الاسطوانة.

تبلغ فتحة اتصال حلقات الكباس 0.2mm ، مما يتيح لها المرونة الكافية للتمدد.



شكل (3-16) يوضح مجمع حلقات المكبس واجزاء المكبس

1- منع وصول زيت التزييت إلى غرفة الاحتراق

2- توصيل الحرارة من رأس الكباس إلى جدار الاسطوانة

تركيب الحلقات بالكباس:

تركب الحلقات بالكباسات فى المحركات رباعية الأشواط فى ترتيب خلافى (أى ليس على استقامة واحدة فى الاتجاه المحورى)، بل تركب الحلقات بحيث تكون

الزاوية بين فتحة إتصال كل حلقتين متتاليتين 120°C ، وبذلك يتحقق إعاقة أكبر لتسرب الغازات.

أما فى المحركات ثنائية الأشواط، فتثبت حلقات الكباس بمسامير فى مجاريها، وذلك لمنع دوران الحلقة، وخشية أن تمدد وتنفرج عند مرورها بفتحات الاسطوانة، مسببة أضرار كبيرة.

تستخدم حلقات الزيت فى المحركات رباعية الأشواط، لتنظيم عملية التزييت داخل الاسطوانات ومسحها، وتعرف الحلقة السفلى فى الكباس بحلقة الزيت، وأحيانا توجد منها حلقتان، والغرض منها هو دفع الزيت إلى السطح الداخلى للاسطوانة أثناء حركة الكباس إلى أعلى، ومسحه أثناء حركة الكباس إلى أسفل، وهى تشبه حلقات الانضغاط، غير أنها أعرض منها قليلاً، علاوة على وجود ثقوب أو فتحات للمساح بمرور طبقة رقيقة من الزيت لتزييت السطح الداخلى للاسطوانة.

الشروط الواجب توافرها فى حلقات الكباس:

1- يجب أن يكون تلامس حلقات الكباس مع السطح الداخلى للاسطوانة جيدا لضمان الحصول على أحكام ومنع التسرب بصورة جيدة.

2- يجب أن تتصف بالمرونة مع الاحتفاظ بخواص تزييت جيدة.

مواد صنع حلقات الكباسات:

أثبت حديد الزهر الرمادى الخاص جدارته فى هذا المجال، حيث تتعرض حلقة الانضغاط لأصعب ظروف التحمل الناتجة عن سوء التزييت بالإضافة إلى الارتفاع الكبير فى درجة الحرارة، وكذلك تعرضها للصدأ.

لذلك تطلى حلقات الانضغاط بطبقة رقيقة من الكروم، لتخفيض معدل البلى (التآكل) بها وبالحلقات الواقعة أسفلها مباشرة، هذا بالإضافة إلى تخفيض معدل البلى بالاسطوانة.

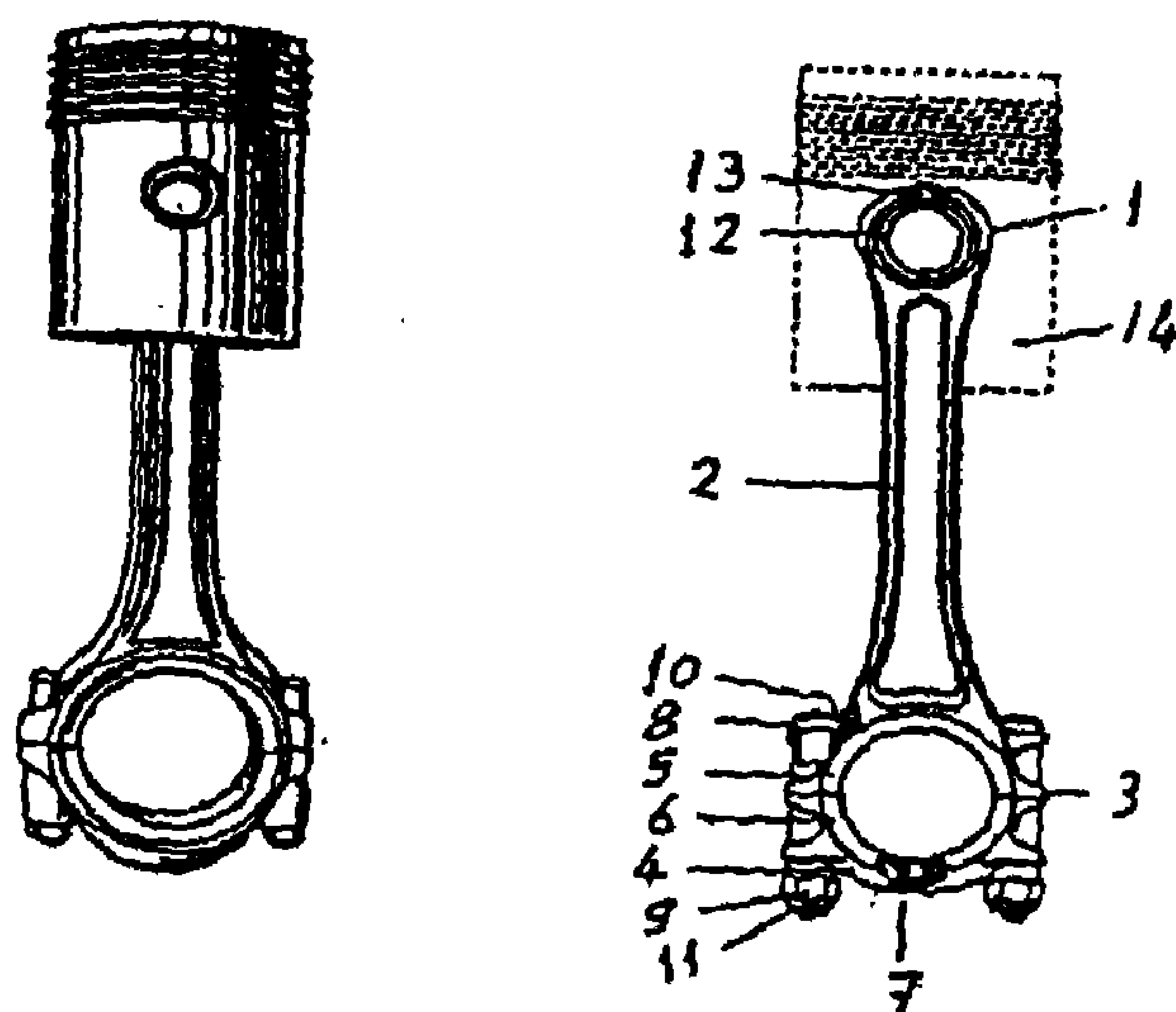
ذراع التوصيل Connection rod

تصنع أذرع التوصيل من الصلب المصلد والمطبع حراريا وغالبا يتم صنعه من سبائك الصلب المحتوية على الكروم والموليبدنوم، أو المنجنيز والسليكون.

يشكل ذراع التوصيل بواسطة الحدادة بالمطارق الساقطة، ثم يتبع ذلك تشغيله على الماكينات.

عادة ما يكون مقطع ذراع التوصيل على شكل حرف H ، مما يعطيه مقاومة كبيرة للانحناء.

تركب النهاية الكبرى لذراع التوصيل الموضح بشكل (3-17) على إحدى محاورعمود المرفق اللامركزى، بينما يتصل نهايته الصغرى بمسمار يركب ما بينه وبين الكباس.



الشكل (3-17) المكبس وذراع التوصيل

1- النهاية الصغرى
2- ساعد ذراع التوصيل
3- النهاية الكبرى
4- غطاء رأسى ذراع التوصيل
8- برغي بصامولة
9- صامولة
10- برغي اسطوانى
11- تيلة

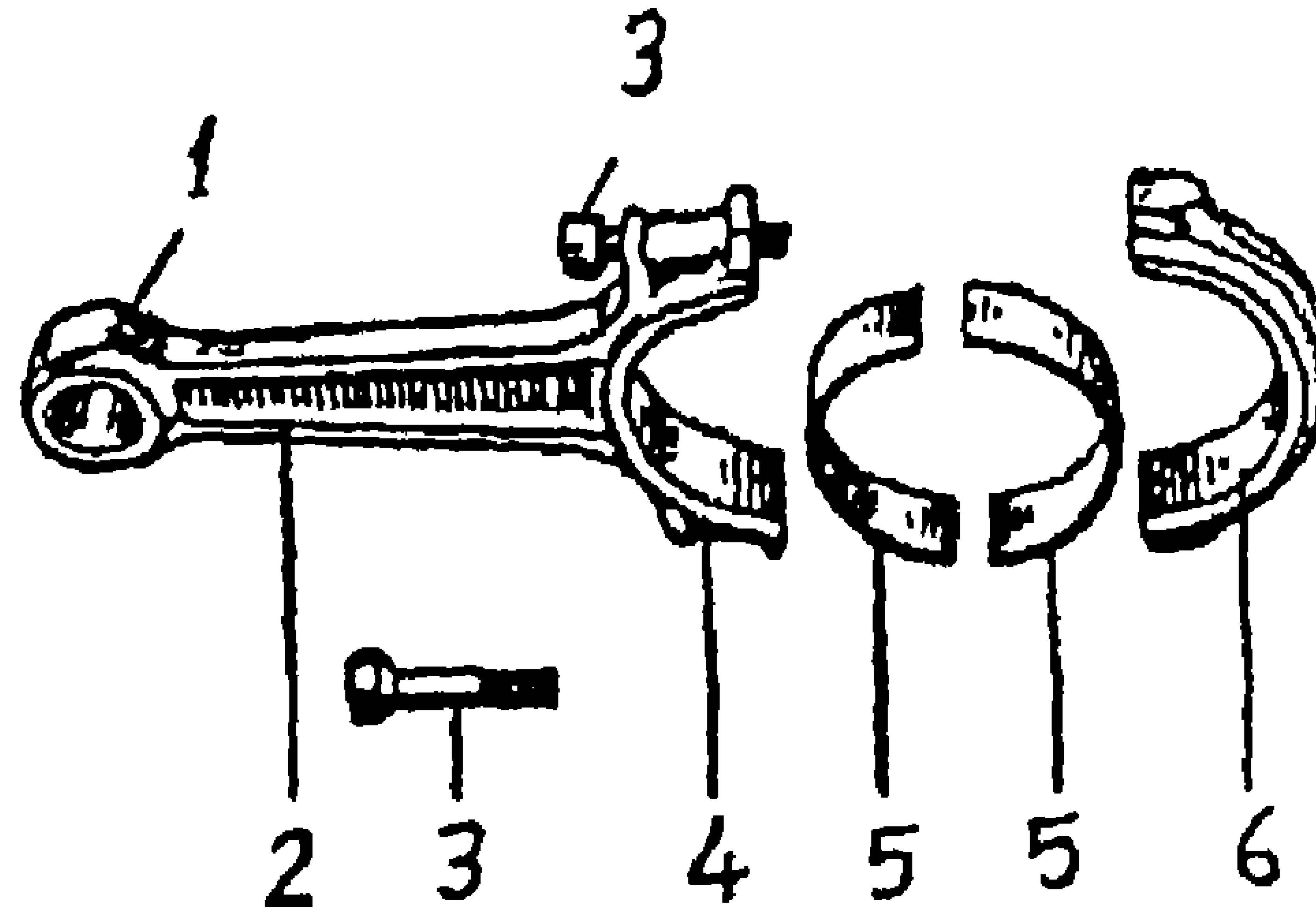
5- النصف العلوى من سبيكة المحمل			12- جلبة ثور الكباس

6- النصف السفلى من سبيكة المحمل			13- ثقب الزيت

7- برغى تثبيت

مكونات ذراع التوصيل:

ذراع التوصيل الموضح بشكل (3-18) نهايته الكبرى مقسمة إلى قسمين ، وذلك لإمكانية تثبيت سبيكة كرسى المحمل المقسمة إلى قسمين بينهما، وربطهما مع بعضها البعض من خلال برغين وصامولتين.



شكل (3-18) المكونات الأساسية لذراع التوصيل

1- ثقب النهاية الصغرى.

2- ساعد.

3- برغى بصامولة.

4- النهاية الكبرى.

5- نصفا سبيكة المحمل.			6. غطاء النهاية الكبرى.

وظيفة ذراع التوصيل:

1- وصل الكباس بعمود المرفق.

2- نقل القدرة من الكباس إلى عمود المرفق.

3- توليد عزم لى على عمود المرفق.

4- تحويل الحركة المستقيمة المترددة من الكباس إلى حركة دائرية.

الإجهادات المؤثرة على ذراع التوصيل:

1-إجهاد ضغط بسبب القوة الكبيرة المؤثرة على الكباس والتى تتراوح ما بين 30KN-20KN لسيارات الركوب.

وبسبب طول ذراع التوصيل قد ينشأ عنه خطر الانبعاج.

2-إجهاد شد، وهو ينتج عن قوى القصور الذاتى الكبيرة للكباس.

3-احتكاك في المحامل.

الخواص الواجب توافرها فى ذراع التوصيل:

1- مقاومة عالية لإجهادات الانحناء.

2- مقاومة عالية لإجهادات الشد.

3- خفيف الوزن، وتساوى أوزان جميع أذرع التوصيل فى المحرك الواحد.

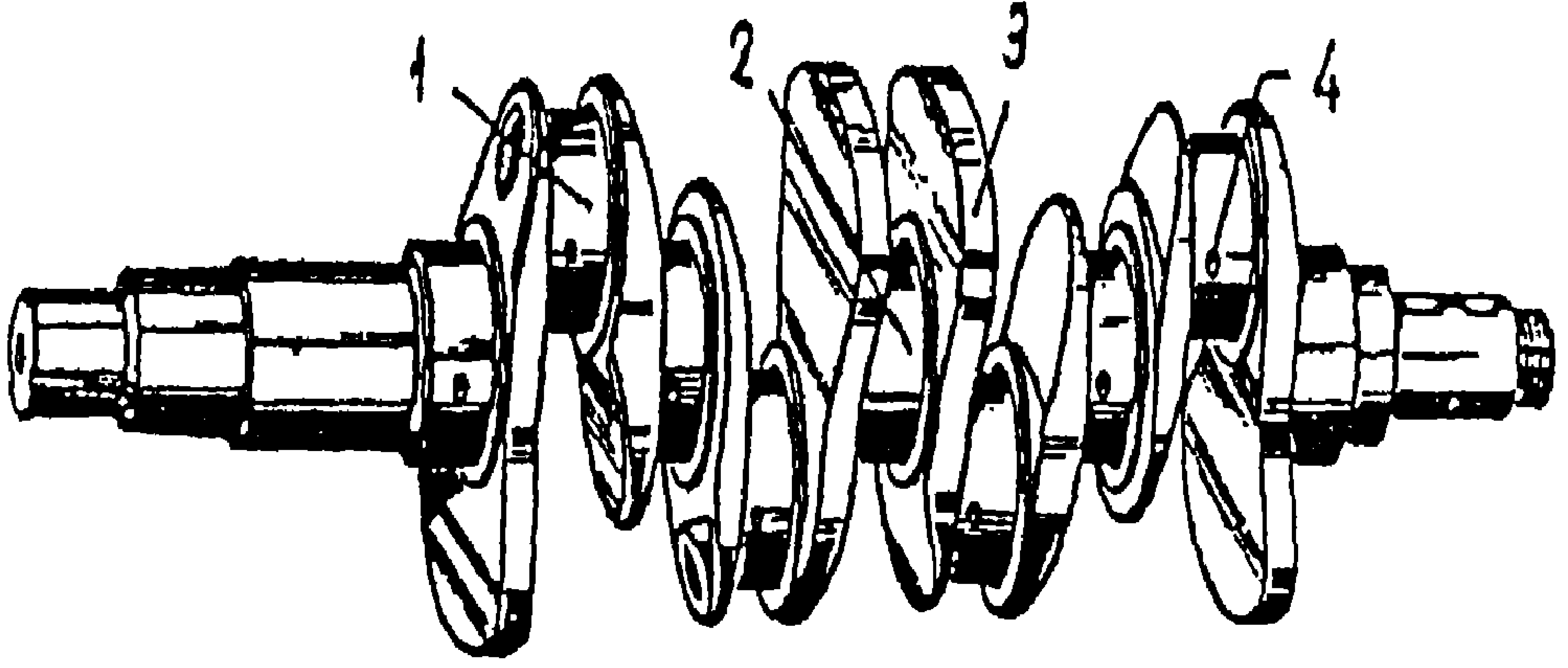
4- خواص انزلاق جيدة للمحامل.

أعمدة المرافق Crankshafts

تصنع أعمدة المرافق من الصلب السبائكى أو من حديد الزهر أو من الصلب المصبوب، ولتحقيق المتطلبات العالية لمقاومة الإجهادات، تصلد مرتكزاتها (الأطراف المحملية ومسامير العمود) وخاصة بمحركات الديزل.

تختلف أعمدة مرافق محركات الاحتراق الداخلى عن بعضها البعض، باختلاف عدد الاسطوانات، ونظام توزيع شرارة الاشتعال عليها.

تصنع أعمدة المرافق بحيث يأخذ بعض أجزائها أوضاع مركزية على المحور الأساسى لعمود المرفق، بينما يأخذ البعض الآخر أوضاع لا مركزية، أى على محاور بزوايا مختلفة، بعيدا عن المحور المركزى، بحيث توازى هذه المحاور المحور اللامركزى الأساسي شكل (3-19).



شكل (3-19) عمود المرفق

1- محور المرفق.
2- مرتكز المحمل.
3- فخذ المرفق (ساعد).
4- ثقب التزييت.

توجد المحامل على نفس المحور الأساسى لعمود المرفق شكل (3-20) أما المسامير فهى على المحاور اللامركزية، حيث تنحرف عن بعضها البعض بمقدار زوايا تتابع أشواط القدرة، أو حسب توقيت شرارة الاشتعال.

تقوم أعمدة المرافق بعدة وظائف وهى كالآتى:

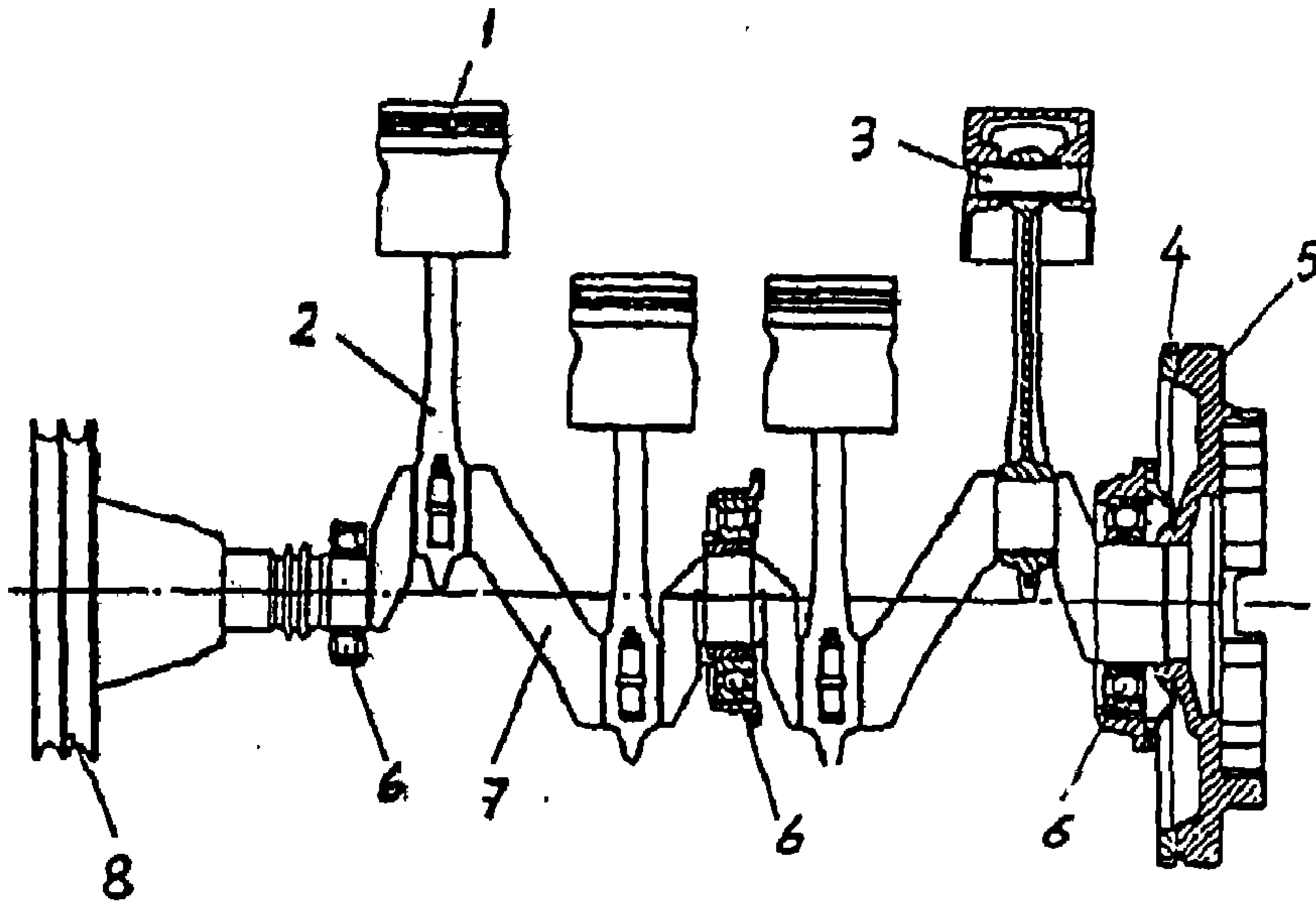
1- تحويل الحركة المستقيمة المترددة إلى حركة دائرية.
2- توليد عزم دوران ونقله إلى القابض.
3- تلقى القوى المؤثرة على الكباسات ونقلها إلى المحامل.
4- إدارة المجموعات التالية:
(أ) إدارة تروس التحكم.
(ب) إدارة مضخة ماء التبريد.
(ج) إدارة مولد التيار الكهربائى.
(د) إدارة المروحة.

(هــ) إدارة مضخة الحقن (إن وجدت).

5- ترتيب نظام الاشتعال بالمحرك (خلال دورتين للمحرك رباعى الأشــواط) ودورة واحدة للمحرك ثنائي الأشواط.

6- توازن عزم الازدواج للقوى الطاردة المركزية التى يتعرض لها العمود، وعــدم اهتزازه أثناء دورانه.

7- توازن عدم الازدواج للقوى المترددة.



شكل (3-20) مجموعة عمود المرفق

1- الكباس
2- ذراع التوصيل
3- محور الكباس
4- ترس الحدافة
5- الحدافة
6- محمل عمود المرفق
7- عمود المرفق
8- بكرة لنقل الحركة بالسيور

الخواص والشروط الواجب توافرها فى عمود المرفق:

تصنع أعمدة المرافق بحيث تتوفر بها الخواص والشروط التالية:

1- مقاومة وتوازن القوى المؤثرة المختلفة.

2- خواص انزلاق جيدة.

أنواع محركات الاحتراق الداخلى

تعتبر محركات الاحتراق الداخلية من أهم مصادر توليد القوى، حيث تتحول بواسطتها الطاقة الحرارية الناتجة عن الاحتراق أى نوع من أنواع الوقود إلى شغل ميكانيكى يستفاد به في إدارة الآلات المختلفة المستخدمة فى إنتاج المصنوعات النافعة، مما يعود على البشرية بالخير العظيم.

ويمكن تقسيم محركات الاحتراق الداخلى إلى الأنواع الآتية:

1- محركات الاحتراق بالشرارة .... (محركات البنزين)

Spark ignition engines ......

2- محركات الاحتراق بالضغط .... (محركات الديزل)

3- Compression ignition engine ....

التوربين الغازى ..... The Gas Turbine

وتصنف محركات الاحتراق الداخلى من حيث الأشواط إلى الآتى:

1- محركات رباعية الأشواط:

هى التى يتم فيها دورة التشغيل فى أربعة اشواط للمكبس، أى أنه يوجد شوط فعال واحد فى كل دورتين من دورات عمود المرفق.

2- محركات ثنائية الأشواط:

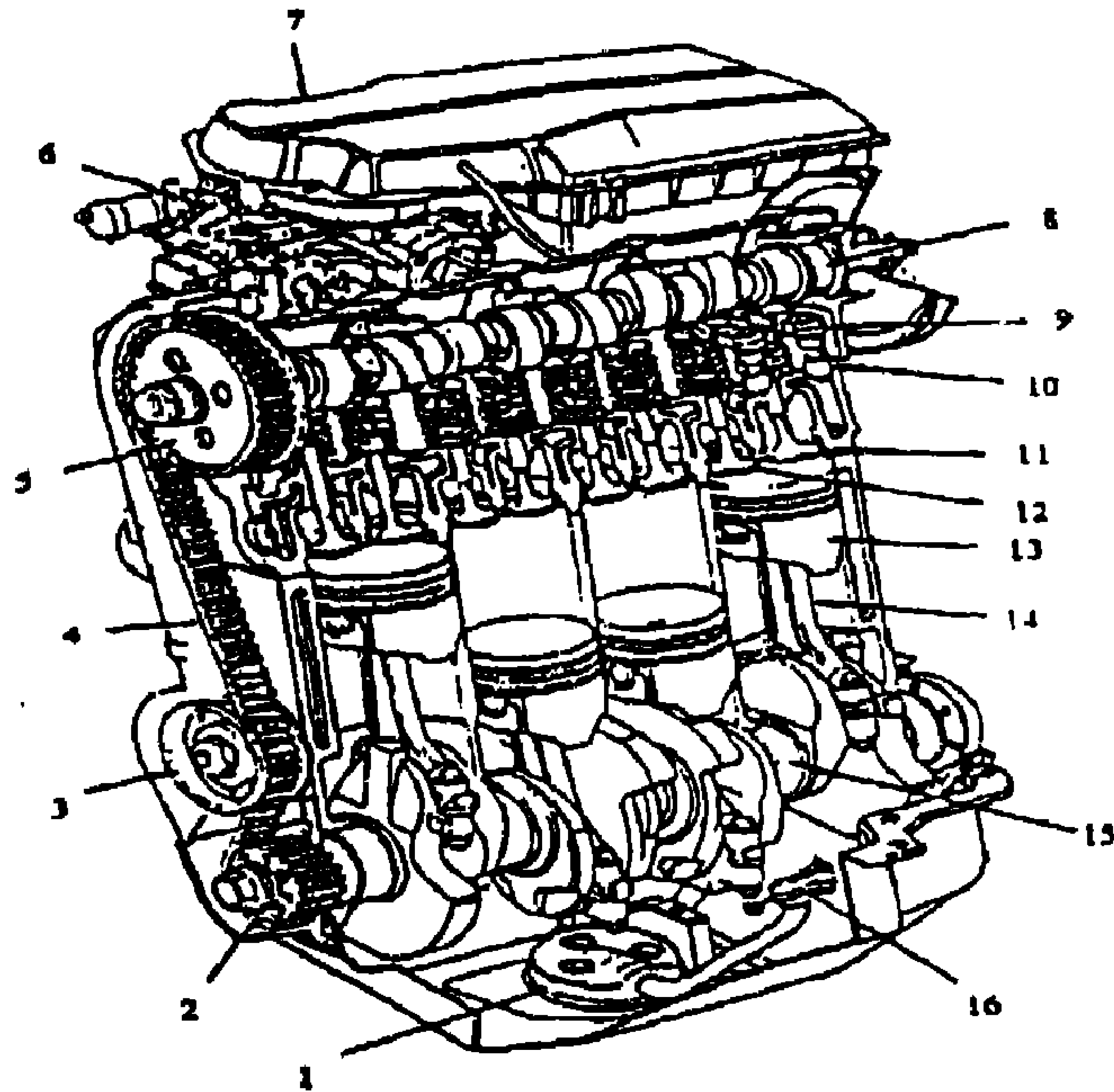
هى التى يتم فيها دورة التشغيل فى شوطين للمكبس، أى أنه يوجد شوط فعال فقط فى كل دورة واحدة من دورات عمود المرفق.

محرك البنزين Petrol engine

تعتمد محركات البنزين بصفة عامة (رباعية أو ثنائية الأشواط) والمعروفة بمحركات أوتو أو بمحركات الاحتراق بالشرارة على خلط الوقود السائل (البنزين) بالهواء من خلال منظومة ميكانيكية تسمى بالمغذى أو المكربن (Carburettor) ، حيث يصل المخلوط المكون من البنزين والهواء إلى اسطوانات المحرك، ويتم اشتعال المخلوط بعد ضغطه عن طريق شرارة كهربائية من شمعات الاشتعال، التى تؤثر على المكبس للحصول على اشواط فعالة.

نسبة الانضغاط فى هذه الحالة تكون محدودة، حيث يكون الانضغاط كافيا لارتفاع حرارة الوقود الذى يؤدى إلى سهولة اشتعاله.

يتحول جزء من الطاقة المتولدة إلى طاقة حركة، بينما يفقد الجزء الباقى على هيئة طاقة حرارية فى التبريد والعادم شكل (3-21) يوضح محرك بنزين ذو أربعة اسطوانات.



شكل (3-21) محرك بنزين ذو أربعة اسطوانات

1- مصفى للزيت Oil Packing
2- ترس عمود المرفق Crankshaft Sprocket
3- شداد سير التوقيت Timing Belt Tensioner
4- سير التوقيت Timing Belt
5- ترس عمود الحدبات Cams Sprocket
6- المغذى (المكربن) Carburettor
7- منقى الهواء Air Cleaner
8- عمود الحدبات Camshaft
9- ذراع التأرجح Rocker Arm
10- منظم هيدروليكى Hydraulic adjuster
11- صمام الدخول Intake Valve
12- صمام العادم Exhaust Valve
13- المكبس Piston
14- ذراع التوصيل Connecting Rod
15- عمود المرفق Crankshaft
16- مضخة الزيت Oil Pump

محرك البنزين رباعى الأشواط Four – Stroke Petrol engine

يخلط الوقود والهواء فى جميع محركات أوتو (محركات البنزين)، حيث يذرى جزئيا عن طريق المغذى Carbureto ثم يسحب إلى داخل الاسطوانة، وذلك عند تحرك الكباس إلى أسفل تشتعل الشحنة عن طريق شرارة كهربائية.

ودورة التشغيل فى المحرك الرباعى (ذى الأربعة أشواط)، تحتاج إلى لفتين كاملتين من عمود المرفق، وهى المسافة التى يقطعها الكباس من النقطة الميتة العليا T.D.C إلى النقطة الميتة السفلى B.D.C والعكس، وفى كل شوط يتحرك بتحرك عمود المرفق حركة دائرية قدرها نصف دورة أى 180°

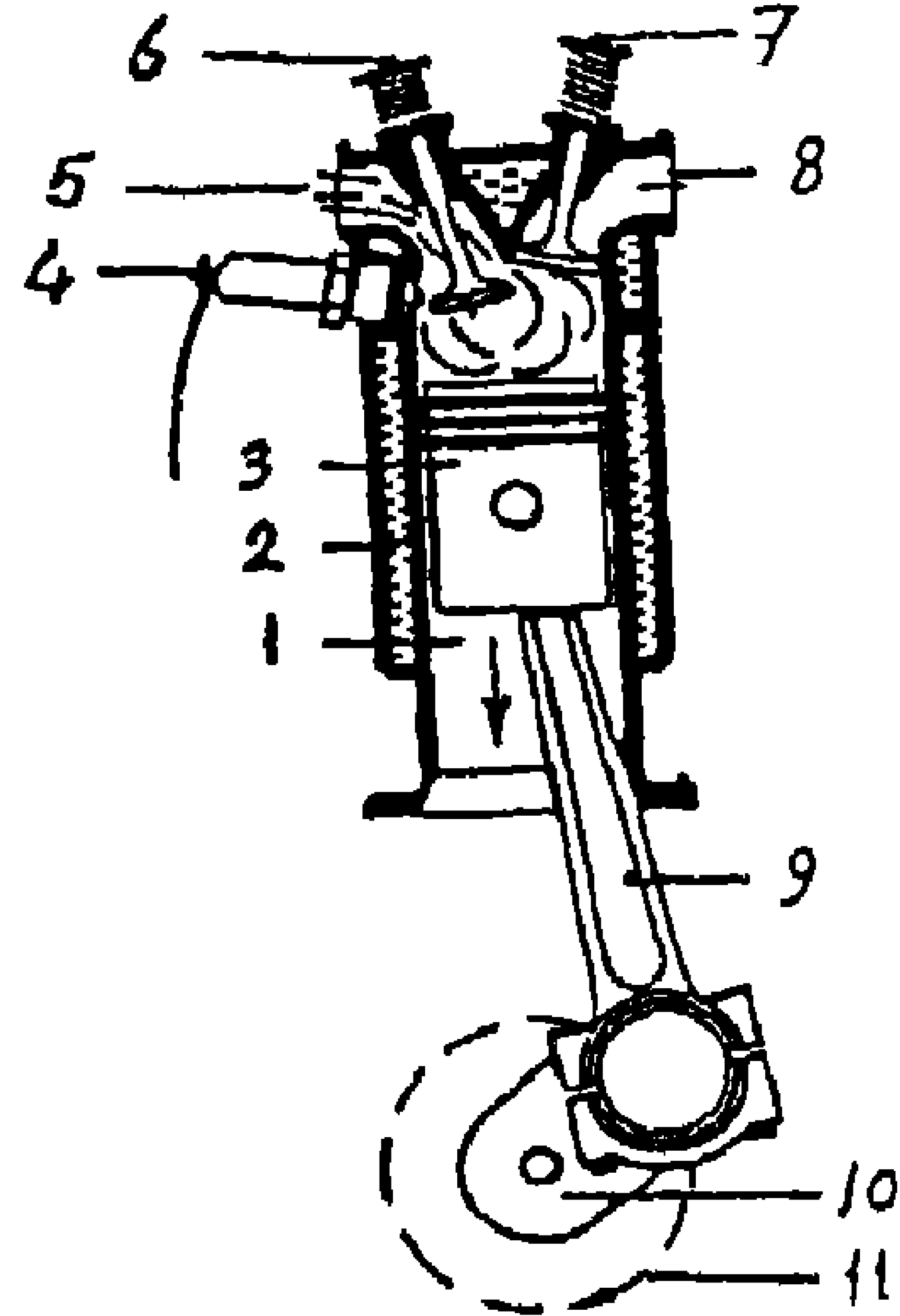
والأشواط الأربعة اللازمة لدورة واحدة لتشغيل محرك البنزين الرباعي هي كالآتي:

1- شوط السحب Induction Stroke

يتحرك الكباس من T.D.C إلى أسفل شكل (3-22)، حيث يكون صمام السحب (الشفط) مفتوحا عن طريق عمود الحد بات، بينما يكون صمام العادم مغلق بتأثير نابض لولبي (ياي)، ويغلق صمام السحب بمجرد وصول الكباس إلى B.D.C وبذلك ينتهي الشوط الأول. وفي هذه الحالة يكون عمود المرفق قد أتم نصف دورة أي 180°

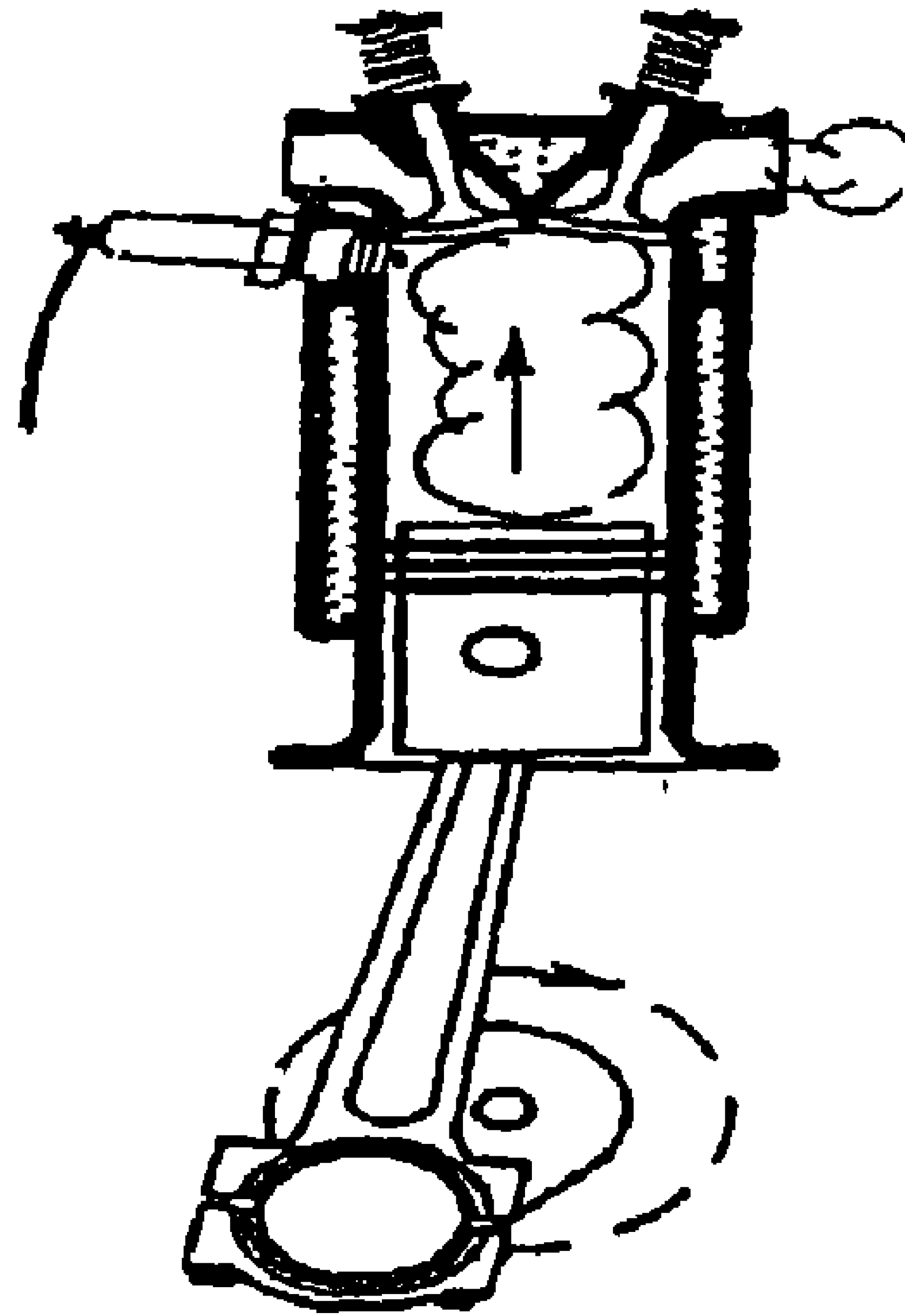
2- شوط الانضغاط Compression Stroke

يتحرك الكباس إلى أعلى من B.D.C إلى T.D.C ، بينما يكون الصمامين (السحب والعادم)، مغلقين شكل (3-23) حيث يضغط الشحنة (خليط الوقود والهواء) ليرتفع ضغطها وينخفض حجمها، وحينئذ يكون عمود المرفق قد أتم دورة كاملة أي 360°



شكل (3-22)

شوط السحب



شكل (3-23)

شوط الانضغاط

1- الاسطوانة
2- ماء التبريد
3- الكباس
4- شمعة الاشتعال

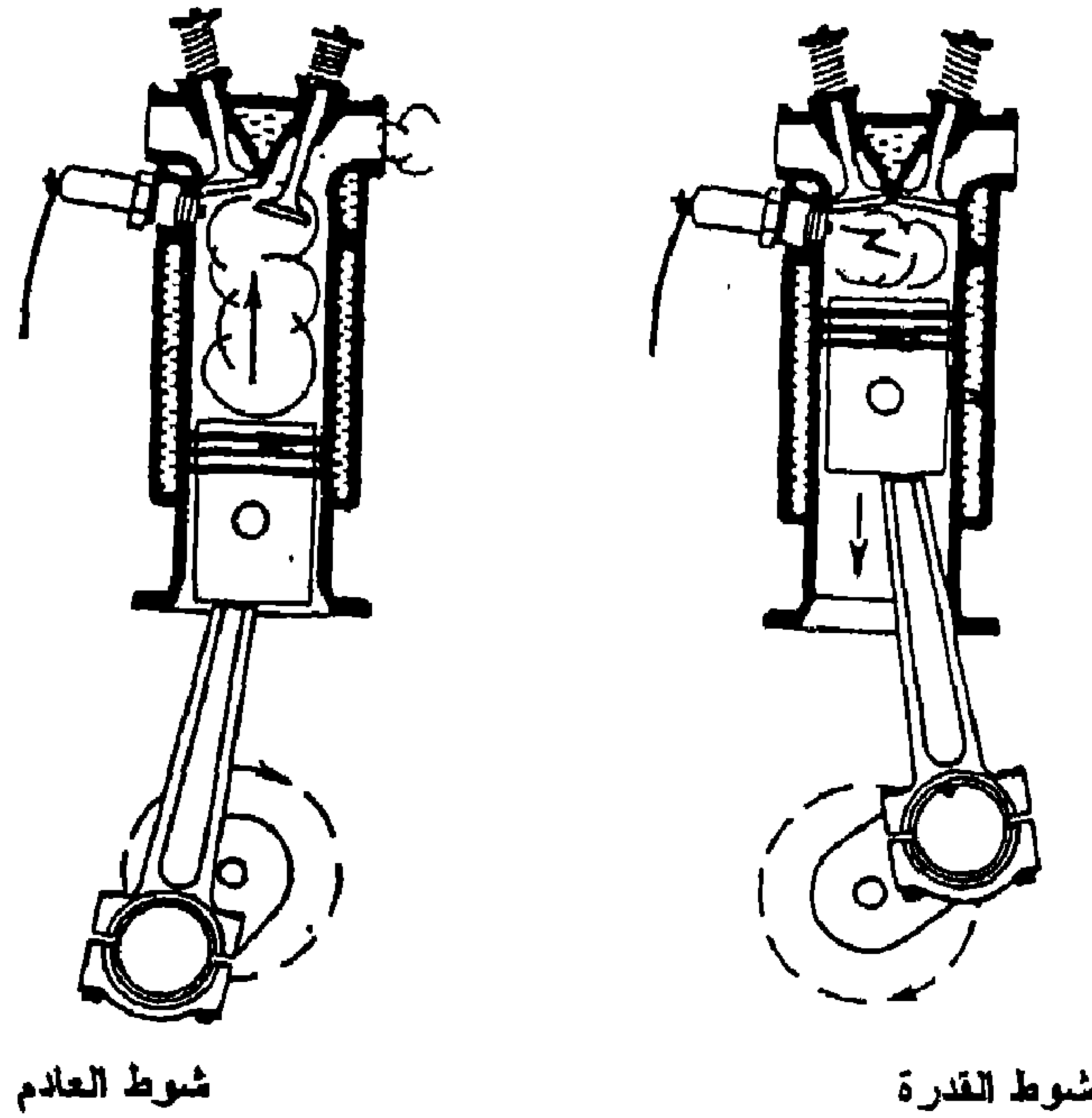
5- ممر السحب
6- صمام السحب
7- صمام العادم
8- ممر العادم
9- ذراع التوصيل
10- عمود المرفق
11- الحركة الدائرية لعمود المرفق فى اتجاه عقارب الساعة

3- شوط القدرة Power Stroke

يتم الاشتعال قبل لحظات (بحوالى 10° من عمود المرفق) من وصول الكباس إلى T.D.C عن طريق شرارة كهربائية حيث يحترق الخليط ويرتفع ضغطه مع بقاء حجم الشحنة ثابتاً، حيث تتمدد الغازات بفعل حرارة الاحتراق فيندفع الكباس إلى أسفل كما هو موضح بشكل (3-24) بينما يظل الصمامين (السحب والعادم، مغلقين). وحينئذ يكون عمود المرفق قد أتم دورة ونصف أى 540° . ويعتبر هذا الشوط الفعال ويسمى بشوط الشغل أو شوط الانتشار.

4- شوط العادم Exhaust Stroke :

يفتح صمام العادم عند تحرك الكباس من B.D.C إلى أعلى شكل (3-25) دافعا أمامه الغازات المحترقة لطردها إلى خارج الاسطوانة، وبمجرد وصول الكباس إلى T.D.C ، يغلق صمام العادم. وحينئذ يكون عمود المرفق قد أتم دورتين كاملتين 720° (بأربعة أشواط)، أى دورة كاملة من دورات المحرك رباعى الأشواط.



شوط القدرة   شوط العادم

الشكل (3-25)

محرك البنزين ثنائى الأشواط Two – Stroke Petrol Engine

تستخدم محركات أوتو الثنائية (محركات البنزين الثنائية الأشواط) فى المحركات الصغيرة ذات الاسطوانة الواحدة أو الاسطوانتين، مثل الدراجات النارية، وذلك لبساطة إنشائها والانتظام فى تشغيلها.

تزييت محرك البنزين ثنائى الأشواط:

يتم تزييت الأجزاء المتحركة فى محرك البنزين ثنائى الأشواط عن طريق مزج كمية قليلة من الزيت مع البنزين، والنسبة النموذجية لهذا الخليط هى 1 : 20 .

فكرة محركات البنزين الثنائية الأشواط:

ينيت الفكرة الأساسية لمحركات البنزين الثنائية الأشواط على عدم وجود صمامات بها، حيث استبدلت الصمامات الموجودة بالمحركات الرباعية الأشواط بفتحات فى جدار الاسطوانات بالمحركات ثنائية الأشواط تكشفها الكباسات أو تغطيها.

تتم دورة شغل واحدة لكل دورة واحدة فقط لعمود المرفق (360°) فى المحرك

ثنائى الأشواط، بينما تتم دورتان لعمود المرفق (360° x 2) لإتمام دورة شغل واحدة فى المحرك رباعى الأشواط.

الأجزاء الأساسية فى محرك أوتو ثنائى الأشواط:

يتكون من محرك أوتو (البنزين) ثنائى الأشواط الموضح بشكل (26-3) من الأجزاء الأساسية التالية:

1- علبة المرفق The Oil Case:

هى علبة محكمة الإغلاق، يوجد بها فتحة متصلة بمجرى التوصيل وذلك لتوصيل الوقود والهواء إلى غرفة الاحتراق.

2- مجرى التوصيل Main Fold:

متصلة ما بين علبة المرفق الاسطوانة، لتوصيل المخلوط المكون من الوقود والهواء من علبة المرفق إلى غرفة الاحتراق بالاسطوانة.

3- الكباس The Piston:

يعمل الكباس بوظيفتين هما:

(أ) له تأثير الكباس العادى فى دفع الوقود إلى النقطة الميتة العليا وضغطه.

(ب) تأثير الكباس فى محركات الدورة الثنائية كتأثير الصمامات المنزلقة البسيطة فى المحركات البخارية، من حيث التحكم فى دخول الشحنة وتصريف غازات العادم.

كما يقوم رأس الكباس ذو البروز بتوجيه مسار الشحنة (المخلوط المكون من الوقود والهواء) إلى أعلى أثناء دخوله إلى الاسطوانة، وتوجيه مسار العادم إلى فتحة الخروج.

محركات ثنائية الأشواط Two – Stroke Engines

يوضح الشكل(27-3) مبدأ عمل محرك ثنائى الشوط ذو مكبس واحد حيث تبدأ العملية بوشط الضغط (a) حيثق المكبس يرتفع إلى أعلى الاسطوانة ليضغط مزيج

الهواء والوقود. حيث في مكائن البنزين يكون الوقود هو البنزين وفي مكائن الديزل يستخدم الديزل سيتم بخ الوقود بواسطة الكباس في نهاية شوط الضغط، وعندها في نوعي هذه المكائن سيحدث الاشتعال أي أن عملية الانضغاط والاشتعال في شوط واحد.

شوط القدرة يحدث عندما تجبر القوى والضغط ودرجة الحرارة المرتفعة من مزيج الهواء والوقود الملتهب في الاسطوانة المكبس بالهبوط إلى الأسفل. وفي نفس الوقت عند حركة المكبس المتجهة للأسفل سوف تؤدى إلى ضغط الهواء الداخل أو مزيج الهواء والوقود الداخل في وعاء مرفق الدوران وعندما يبلغ المكبس ما قبل النهاية السفلى فإن فتحة التفريغ ستنفتح وتطرد النواتج المتخلفة من الاحتراق (b).

وعند بلوغ المكبس النهاية السفلي فإن فتحة النقل (Transfer port) أيضاً ستنفتح (C) وتسمح الهوزاء المضغوط أو مزيج الهواء والوقود بالتمدد والانتقال إلى الاسطوانة. وأن قسما من الغازات ونواتج الاحتراق المتبقية في الاسطوانة سوف تطرد ويحل محلها هواء جديد أو مزيج من الهواء والوقود الجديد (في حالة مكائن البنزين).

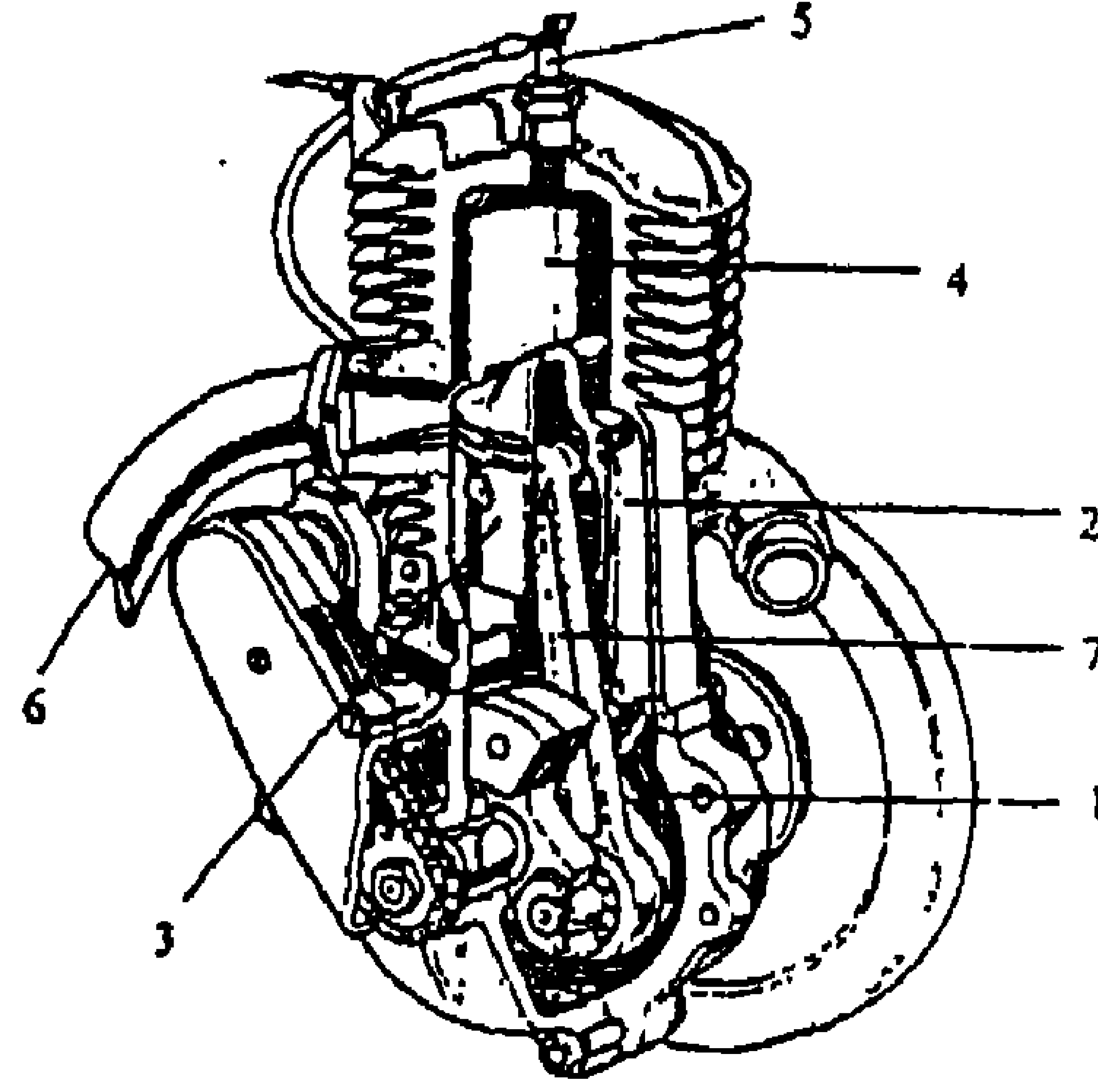
وبسبب نوع آلية الجريان للهواء في هذه الدورة أي دورة ثنائية الشوط تسمى (دورة سكافينك) (Loop Seavening) دورة الكنس أو التنظيف أو الكسح مثل هذه المحركات تتواجد في الساحبات الصغيرة ، منشار الأشجار والمولدات الكهربائية.

4- الاسطوانة The Cylinder

لا يوجد بها صمامات، بل هي مجهزة بفتحات في وسطها تقريب، حيث يتم التحكم في فتح وغلق هذه الفتحات (لدخول الشحنة وخروج العادم) عن طريق حركة الكباس.

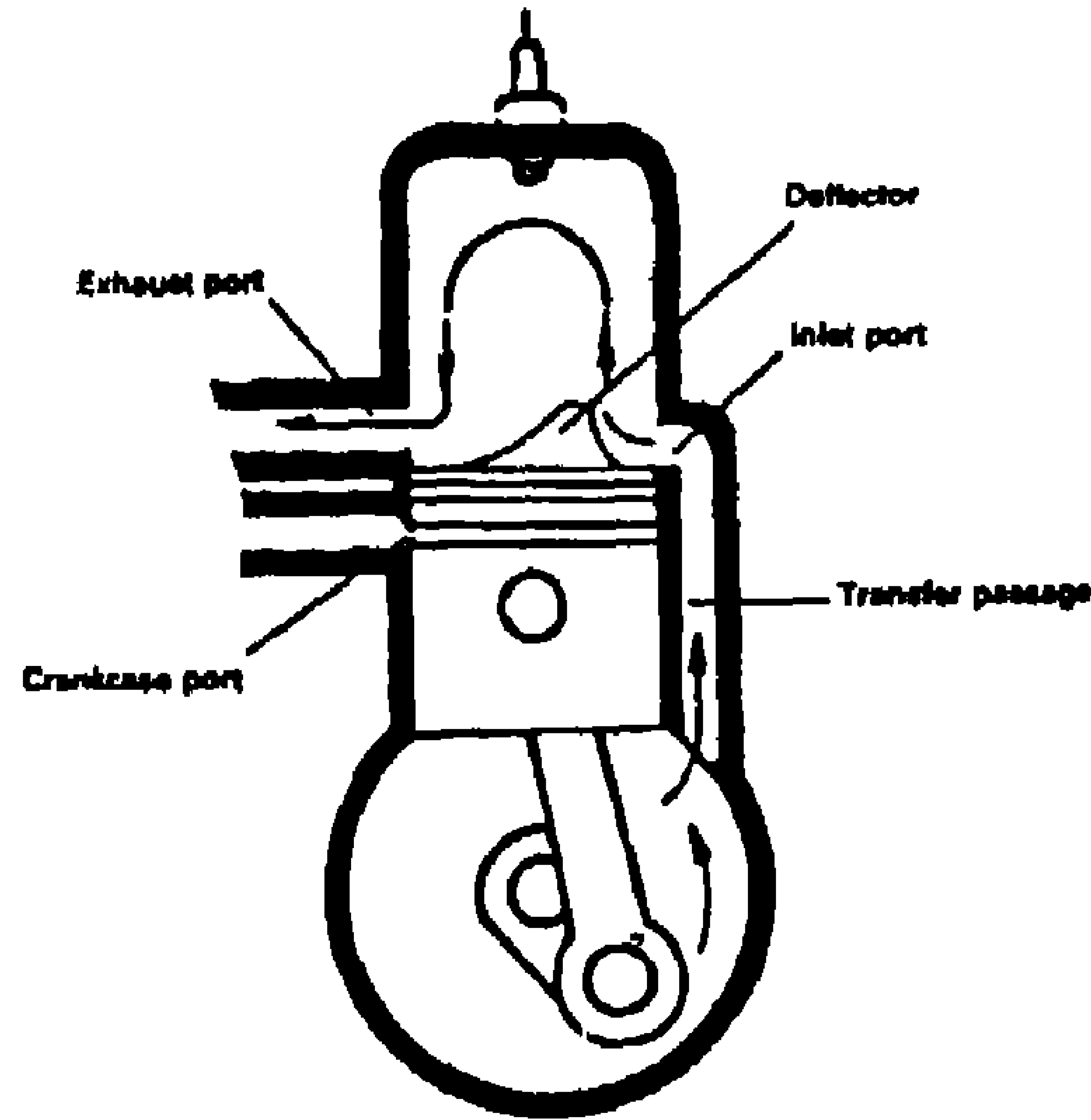
5- شمعة الاشتعال Sparkplug

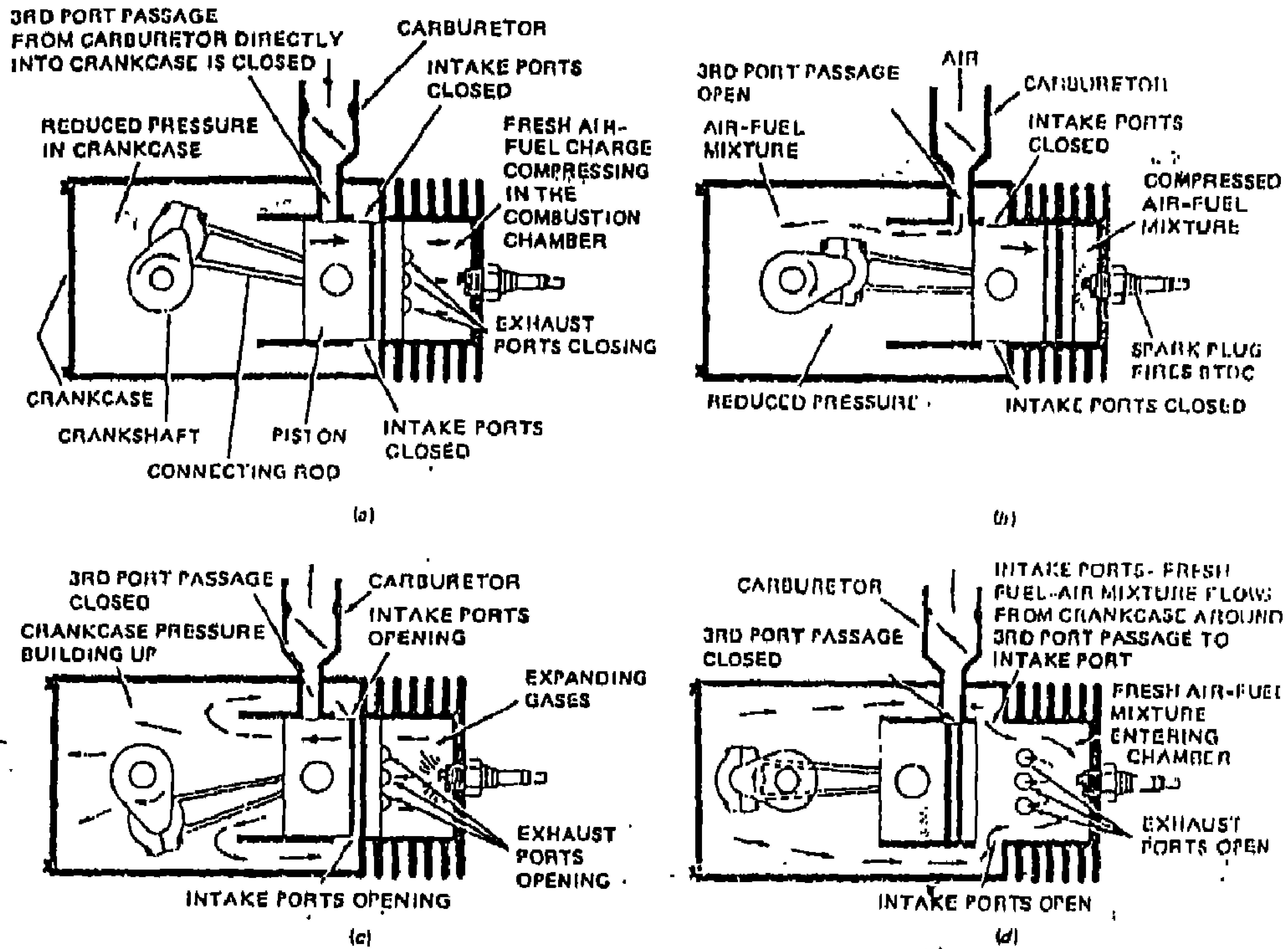
توجد بالجزء العلوي من الاسطوانة، والغرض منها هو الحصول على شرارة كهربائية، لاشتعال الخليط المكون البنزين والهواء عند النقطة الميتة العليا.



الشكل (3-27) محرك بنزين ثنائى الأشواط

1- علبة المرفق
2- مجرى التوصيل (فتحة دخول الهواء)
3- الكباس
4- الاسطوانة
5- شمعة الاشتعال
6- فتحة خروج العادم
7- ذراع التوصيل





الشكل (3-28) يوضح نوعاً آخر من محركات البنزين ثنائية الأشواط الصغيرة (a-b) شوطى السحب والضغط (c-d) شوطى القدرة والعادم

أنظمة الشرارة:

1- البطارية:

لغرض إتمام عملية الاشتعال بالشرارة الكهربائية لابد من وجود مصدر طاقة كهربائية. إن نظام البطارية ينتج طاقة كهربائية نتيجة للتفاعلات الكيميائية التى تحصل داخل البطارية وأن نظام البطارية يستخدم المحركات الصغيرة كما فى السيارات عندما توجد مصادر أخرى للطاقة الكهربائية الضرورية لتشغيل السيارة وللإضاءة المطلوبة.

2- ملف الاشتعال Ignition Coil:

إن الملف مهم جدا ويأتى بعد البطارية الغرض منه إتمام عملية رفع الفولتية اللازمة لإحداث عملية الشرارة وقيمتها 10000 V وتحدث الشرارة فى الفتحة أو الفراغ

الضيق جدا لشمعة الاحتراق شكل (3-29b).

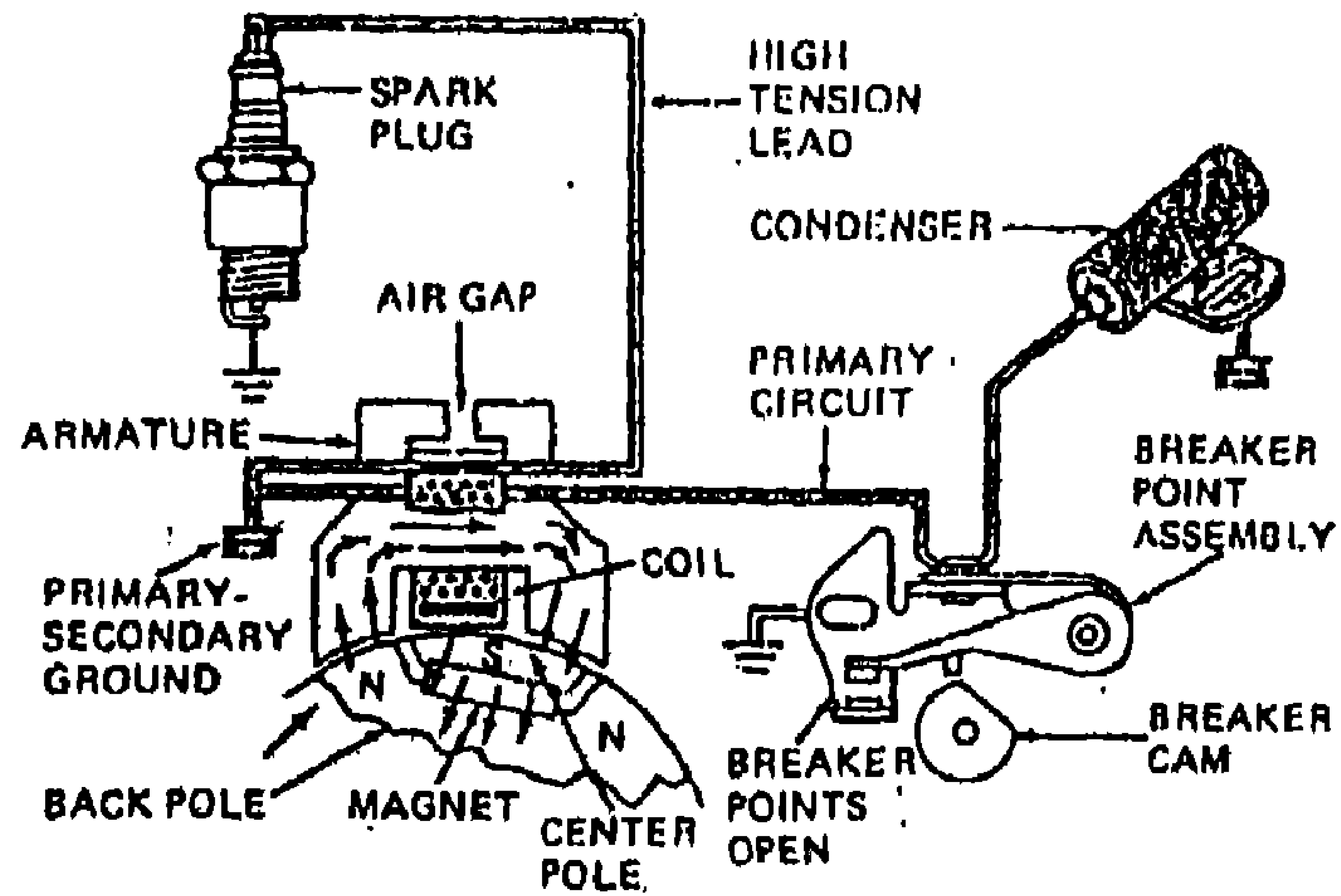
3- مولد التيار Armature:

لابد من تزويد ملف الاشتعال بالطاقة الكهربائية بشكل مستمر وفى حالة عدم كفاءة البطارية أى عدم تزويدها بالطاقة الكهربائية الكافية. ولغرض المحافظة عليها وعدم استهلاك قدرتها ولإطالة عمرها لابد من ربط نظام خاص بالدولاب المسنن الواقع خارج المحرك ويدور بواسطة عمود المرفق. إن الجهاز هذا يربط على حافة الدولاب لنقل الطاقة منه للملف الحث ويسمى هذا الجهاز بالـ Armature (المولّد).

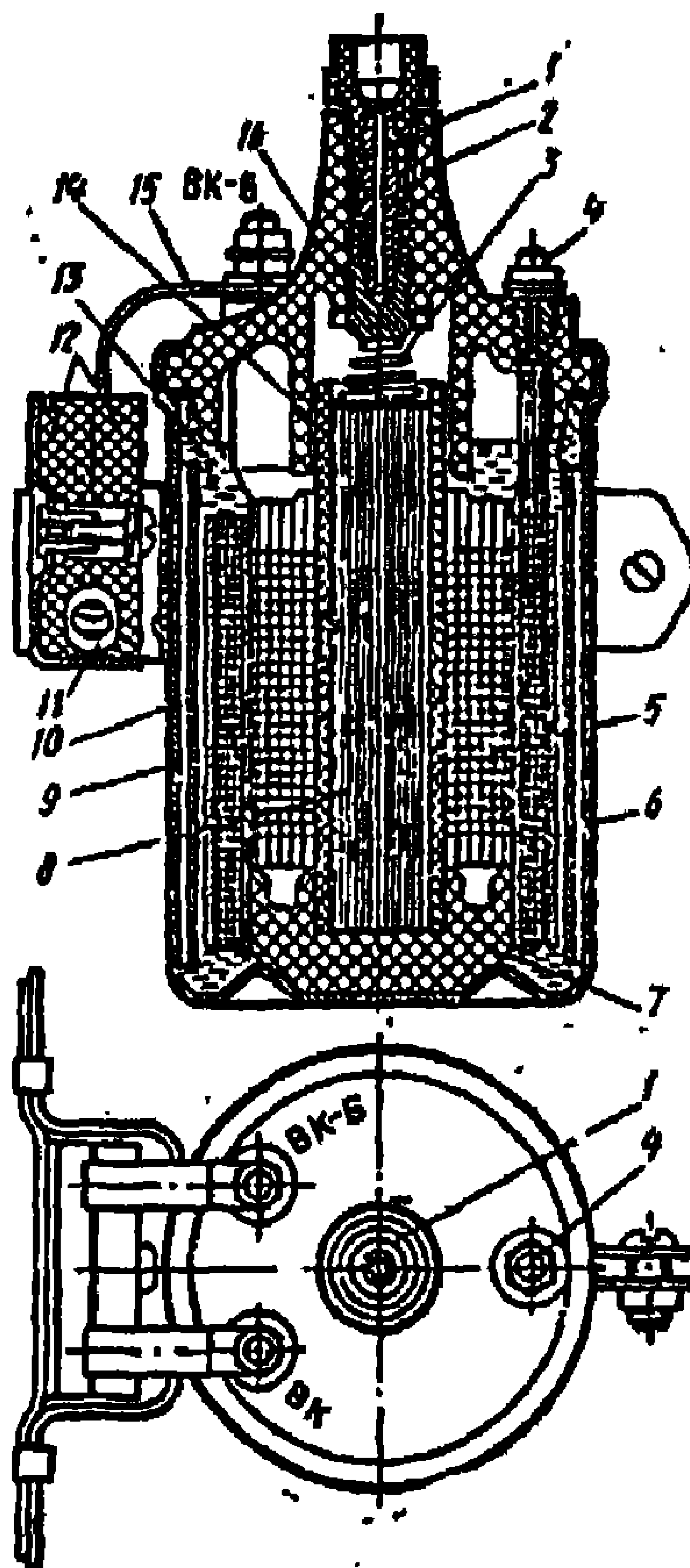
عندما يدور دولاب المحرك فى نفس الوقت هناك قطبين الـArmature وهو مصنوع بشكل خاص بحيث يتحول المغناطيس ويولد مجال مغناطيسى ويحدث تيار كهربائى محتث يمر بالدائرة الإبتدائية لإكمال الدائرة وبمساعدة المكثف سيتم الحفاظ على تيار عالى الفولتية شكل (3-29a).

4- موزع شرارة الاشتعال Spark Distributor

يوضح الشكل (3-30) الأجزاء الرئيسية لموزع الشرارة وهى غطاء الموزع البلاستيكى وفيه أربعة تجاويف لأربعة أسلاك كل منها يؤدى إلى شمعة الاشتعال داخل المحرك، ثم الذراع المتحركة الدوارة التى عن طريقها يتم توزيع الشرارات لكل سلك على حدة وإلى الأسفل لدينا مذبذب الاتصال Contact breaker)) ثم العمود المركزى الناقل للحركة الدورانية بواسطة الكامة (Cam).

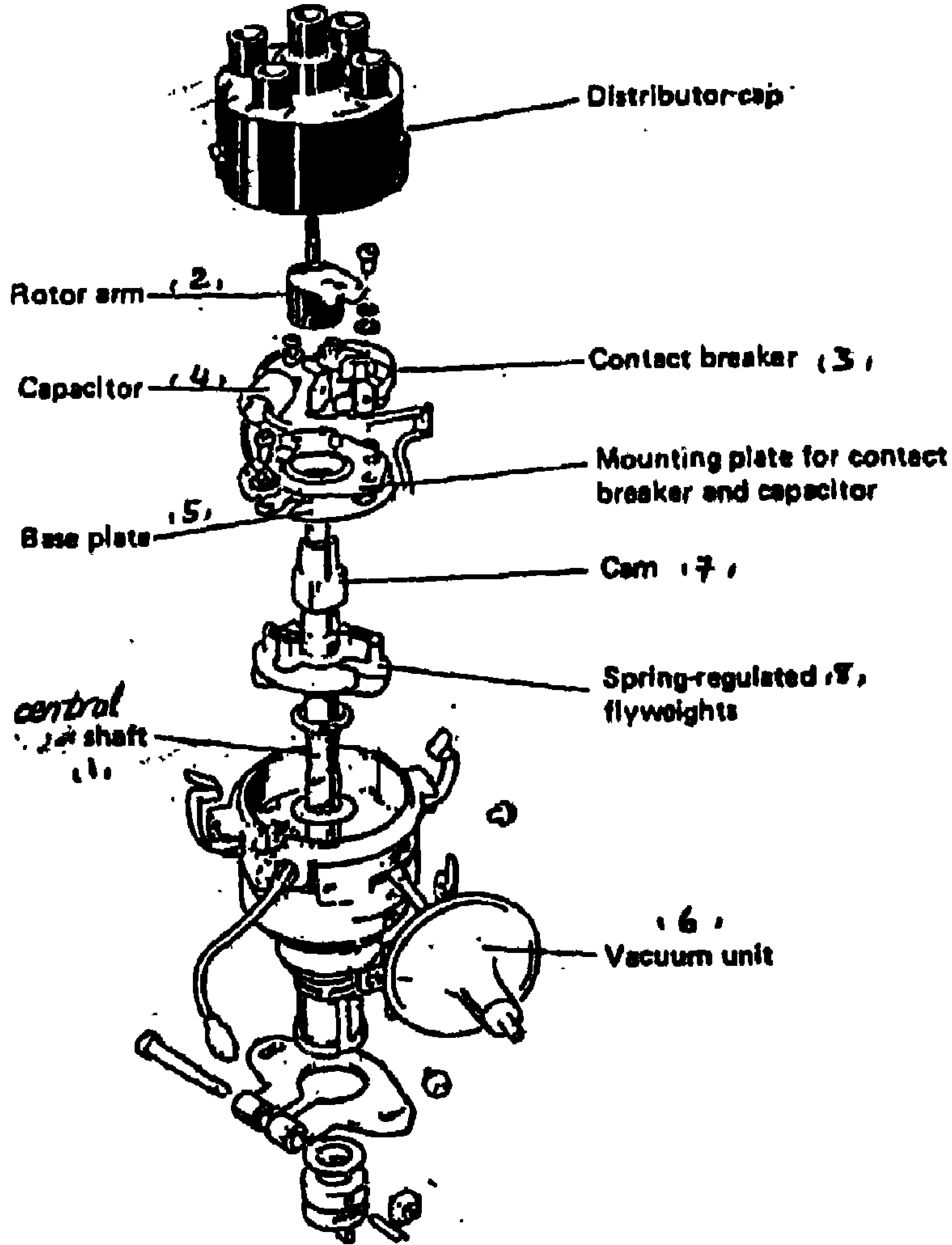


شكل (3-29a).



1. الغلاف الداخلى العازل
2. الغلاف الخارجى
3. نابض التوصيل
4. قطب توصيل
5. الملف الثانوى للحث
6. الملف الأولى
7. قاعدة عزلة
8. قلب الملف.
9. غلاف كارتوى داخلى
10. غلاف عازل
11. نقطة توصيل
12. علبة توصيل
13. الكتروليت
14. اسطوانة عازلة
15. سلك توصيل

شكل (3-29b) يوضح ملف الأشعال



شكل (3-30) يوضح ملف الأشعال

إن مذبذب الاتصال ينفتح وينغلق بسبب دوران كامة الموزع، عندما ينغلق سينتقل التيار لنقاط المذبذب، وعندما ينفتح سينقطع مرور التيار، وفولتية التيار عالية جداء تصل لـ 20000 V فولت المتولدة فى ملف الحث ومنقولة للموزع بواسطة سلك رئيسى.

إن الوظيفة الرئيسية لموزع الشرارة هى نقل الفولتية العالية من ملف الحث مارة بالمكثف وبعد ذلك توزيع الشرارة لكل نقطة من نقاطه الأربعة أو الستة حسب

عدد شمعات المحرك، إن توزيع الشرارة يكون بشكل منتظم وموقت بشكل دقيق حسب دورة الاحتراق للمحرك.

إن صيانة موزع شرارة الاشتعال تتضمن ضبط الفتحة أو الفراغ لمذبذب الاتصال وتبديله عند تآكل نقطة اتصاله (البلاتين) عند احتراقها أو استهلاكها، عند زيادة مجال الفتحة هذا يؤدى إلى تقليل الزمن لتوزيع الاشتعال ويهبط من الاشتعال وهذا يجعل المحرك والسيارة تفقد سرع كبيرة بسبب عدم كفاية الفولتية المحتثة للحصول على الشرارة الكافية لاشتعال شمعات القدح.

الأجزاء الرئيسة لموزع الشرارة لمكائن الاشتعال بالبنزين إن العمود المركزى (1) يدار عندما تكون سرعة المحرك متوسطة وإن الجزء الدوار (2) يوجه الفولتية العالية لشمعة الاشتعال المناسبة من خلال غطاء الموزع وبواسطة مكائن الاحتراق ذات الأشواط الأربعة.

وسوف تكون هناك أربعة كامات تعمل مع مقطع الشرارة (3) وإن موزع الشرارة والمتسعة (4) هما قابلان للحركة على صفيحة قاعدية (5) إن موقع هذه الصفيحة يسيطر عليه بواسطة وحدة تفريغ (6) حاوية على حجاب يتحكم فيه نابض.

إن الكامات تقع على عموج مجوف يمكنها من الحركة على العمود الرئيسى (7) إن الجزء (8) وهو أوزان منظمة بالنابض تسيطر على الموقع الدائرة للعمودين. إن توقيت الاشتعال ينظم بواسطة تدوير موزع الشرارات مع اتجاه المحرك.

عملية الاشتعال بالشرارة واحتراق مزيج الوقود داخل غرفة الاحتراق:

إن عملية الاحتراق العادية الصحيحة لمزيج الوقود والهواء فى غرفة الاحتراق وهى عملية اشتعال أكثر من عملية انفجار وذلك بواسطة شمعة الاحتراق أى بالشرارة الكهربائية ويتولد لهب داخل غرفة الاحتراق إن زمن الاحتراق هو صغير جدا ويؤلف 1/3000 من الثانية والنتيجة تولد ضغط عالى من الغازات المحترفة على المكبس.

تغذية الوقود فى محركات الاحتراق بالشرارة

Fuel Suplyment Cycle in Spark Ignition engines

تعتمد دورة تغذية الوقود فى محركات الاحتراق بالشرارة على خلط الوقـود السائل (البنزين) مع شحنات الهواء فى منظومة قد تكون ميكانيكية أو كهربائية تسمى بالمغذى (Carburettor) حيث يصل المخلوط المكون من البنزين والهواء إلى اسطوانات المحرك على هيئة غازات، ويتم اشتعال المخلوط بعد ضغطه عـن طريـق شـرارة كهربائية من الشمعات، الذى يؤثر على المكبس للحصول على أشواط فعالة.

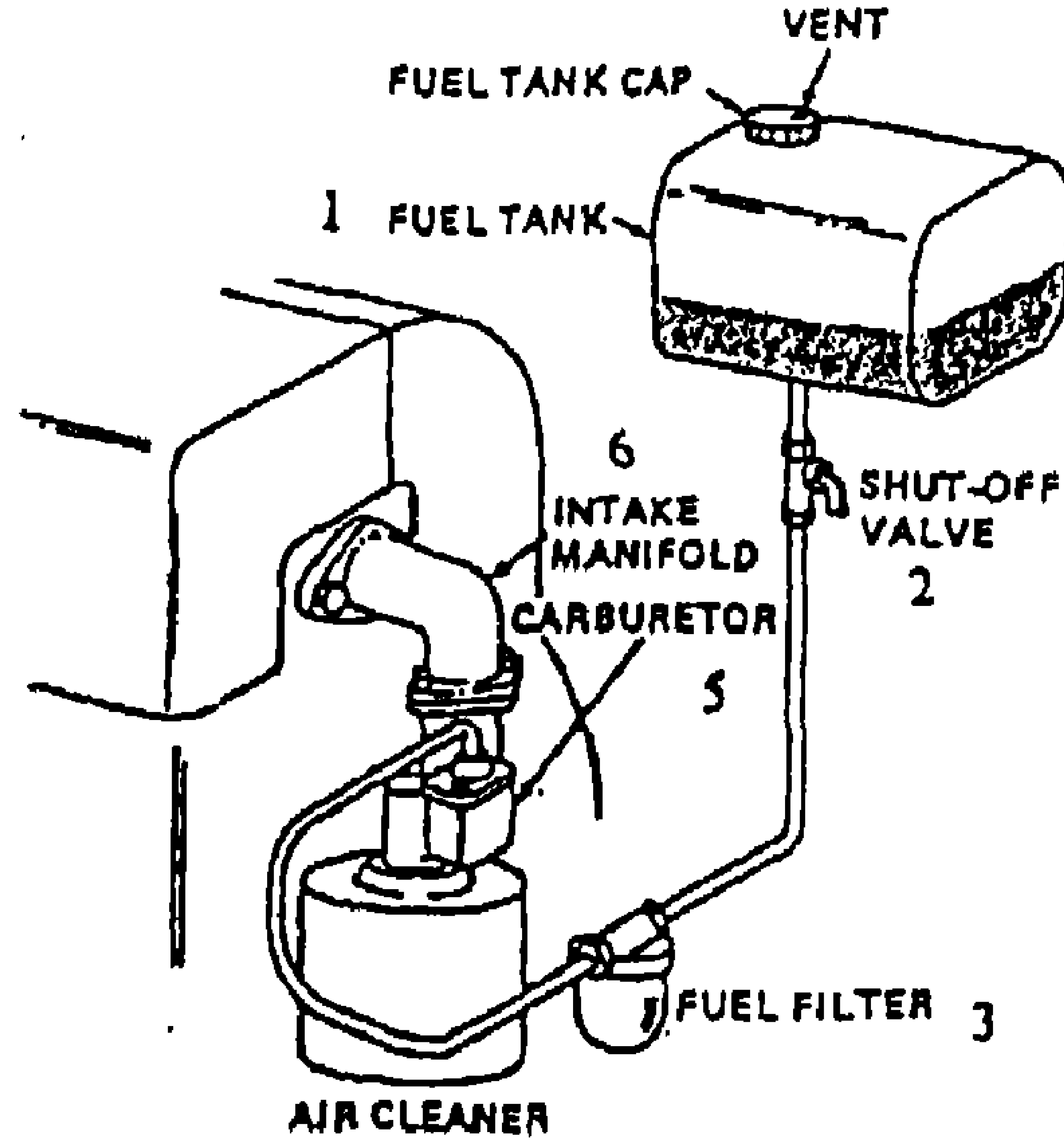
منظومة الوقود *Fuel System*

هى مجموعة متكاملة الغرض منها هو تخزين الوقود وسحبه مـن الخـزان ودفعه إلى المغذى، حيث يقوم الأخير بدوره فى مزج الوقود مع شحنات الهواء ودفع هذا المخلوط إلى اسطوانة المحرك.

خزان الوقود *Fuel Tank*

توجد عدة طرق لتوصيل الوقود (البنزين) إلى المغذى في محركات الاحتراق الداخلى ذات الاحتراق بالشرارة؛ من خلال منظومة تعمل بنظرية الجاذبية الأرضية أو بواسطة التغذية بالدفع.

شكل (3-31) يوضح منظومة الوقود التى تعمل بنظرية الجاذبية الأرضية حيث يوضح خزان الوقود فى مستوى أعلى من مستوى المغذى، وعليه فإن الوقود يهـبط تلقائيا.



شكل (3-31)

منظومة وقود تعمل بنظرية الجاذبية الأرضية

1- خزان الوقود Fuel Tank

2- صمام تحكم (فتح وغلق) Shut – Off Valve

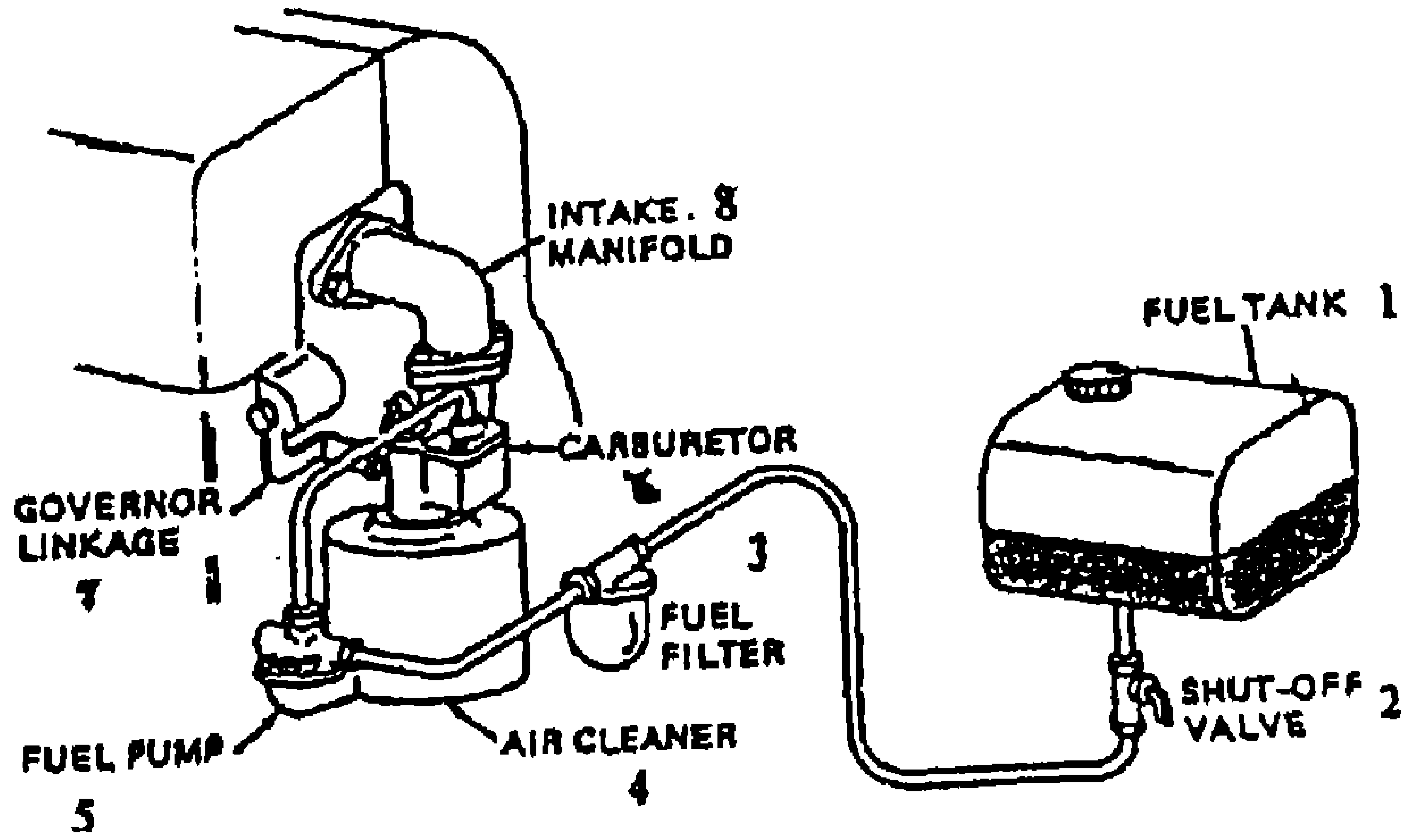
3- مرشح الوقود Fuel Filter

4- مرشح الهواء Air Filter

5- مغذى Carburetor

6- مجرى دخول الوقود مع الهواء Intake Manifold

كما يوضح شكل (3-32) منظومة وقود أخرى تعمل بنظام التغذية بالدفع، ويمكن وضع الوقود أسفل مستوى المغذى أو فى أى مستوى آخر، حيث يتم ضخ الوقود المستخدم إلى المغذى عن طريق مضخة.



شكل (3-32)

منظومة وقود تعمل بنظرية التغذية بالدفع

1- خزان الوقود Fuel Tank

2- صمام تحكم (فتح وغلق) Shut – Off Valve

3- مرشح الوقود Fuel Filter

4- مرشح الهواء Air Filter

5- مضخة الوقود Fuel Pump

6- المغذى Carburetor

7- ذراع تحكم الوقود Governor Linkage

8- مجرى دخول الوقود مع الهواء Intake Manifold

الشروط الواجب توافرها فى خزان الوقود:

ختلف حجم خزان الوقود فى آلات الاحتراق الداخلى باختلاف قوة المحرك، وفى جميع الأحوال يجب أن يتوفر به الشروط التالية:

1- يصنع من ألواح معدنية، مثل حديد الصلب المغلف والمعالج والمقاوم للصدأ أو التآكل.

2- ذو سعة مناسبة لا تقل عن 30 لتر.

3- يزود بمصفاة عند فتحة الملء.

4- يزود بثقب عند أعلى مستوى، وذلك لتساوى الضغط الجوى داخل الخزان وخارجه، وحتى لا ينخفض الضغط داخله عند انخفاض مستوى الوقود ويؤدى إلى تهشمه.

5- يزود بعدة حواجز داخلية لتخفيف اهتزازات الوقود وخاصة فى المنعطفات.

6- يوضع فى مكان سهل الوصول إليه عند ملئه بالوقود، بحيث يكون بوضع آمن بعيدا عن خطر الحريق، نظراً لقابلية البنزين للاشتعال بسهولة.

مضخات الوقود *Fuel Pumps*

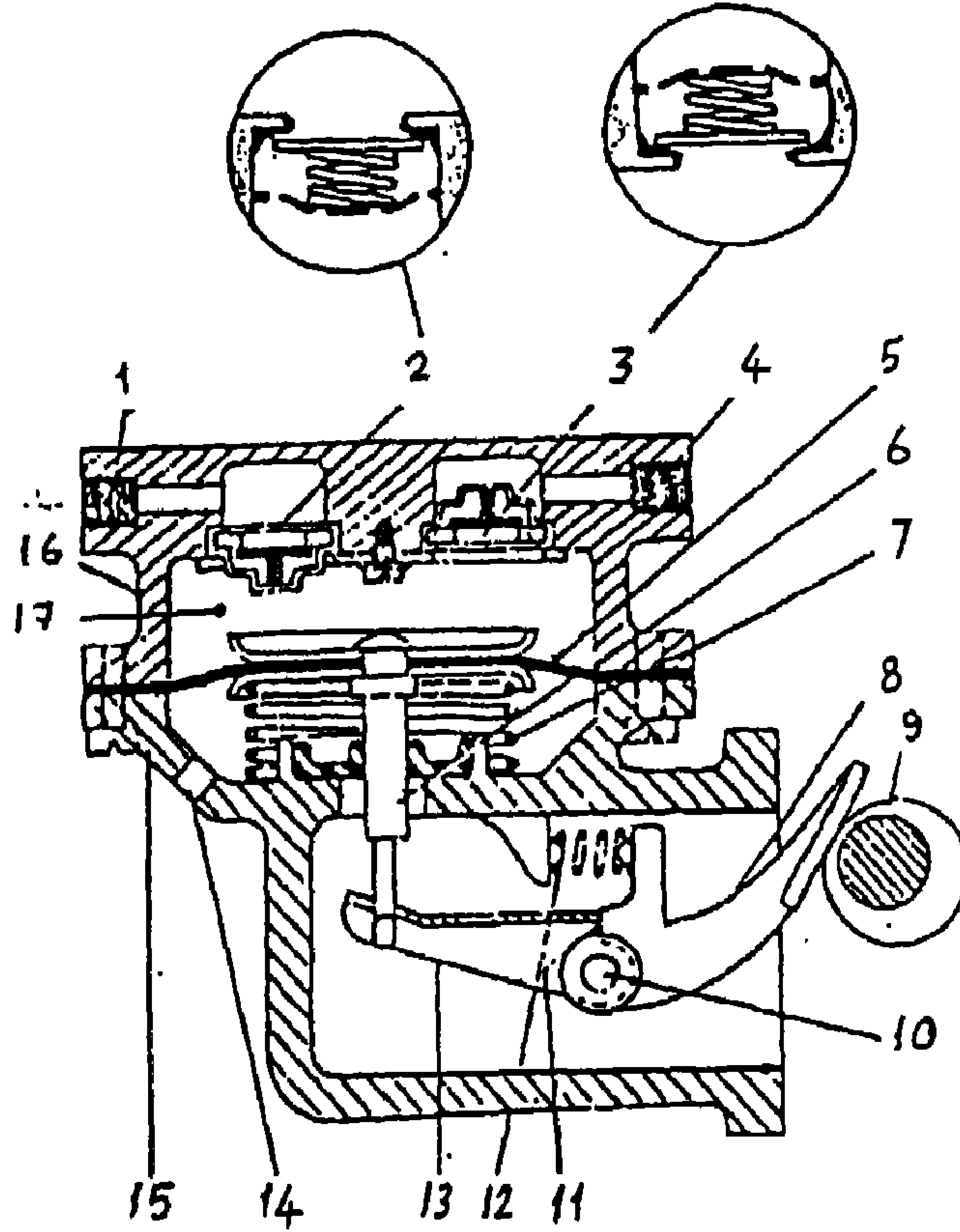
الغرض من مضخات الوقود هو سحب الوقود من الخزان ودفعه إلى المغذى، لإمداد اسطوانات المحرك ما تحتاج إليها من وقود (بنزين) بعد مزجه بشحنات الهواء.

يوجد نوعان من مضخات الوقود، فيما يلى عرض لكل نوع على حدة.

المضخة الميكانيكية Mechanical Pump

تعمل هذه المضخة بنظام التغذية بقوة الدفع، وتثبت فى مستوى منخفض عن المغذى، على أحد جانبى المحرك، بحيث يستمد قوة الدفع عن طريق حدبة Cam مثبتة على عمود حدبات (Camshaft).

ويوضح شكل (3-33) قطاع فى مضخة وقود تعمل بالنظام الميكانيكى.



شكل (3-33) قطاع فى مضخة وقود تعمل بالنظام الميكانيكى

1- فتحة الدخول
2- صمام الدخول
3- صمام الخروج
4- فتحة الخروج
5- الرداخ (قرص أو حجاب مرن)
6- عمود المضخة
7- نابض (ياى) ضغط
8- رافعة ذات ذراعين متأرجحين
9- حدبة.
10- محور الرافعة
11- ذراع التأرجح الخارجى
12- نابض ضغط لحفظ تماس الذراع بالحدبة
13- ذراع التأرجح الداخلى
14- ثقب تهوية
15- النصف الأسفل للجسم
16- النصف الأعلى للجسم
17- غرفة المضخة

شروط الضغط أو التغذية:

(أ) عند تأثير الحدبة (cam) عن الذراع 11 أثناء الدوران، يدفع النابض (الياي) 7 الرداخ 5 ومعه العمود 6 والذراع 13 إلى أعلى.

(ب) يزداد الضغط بالتالى على الوقود بغرفة المضخة 17 وينتج عغن ذلك غلق صمام دخول الوقود 2 وفتح صمام الخروج 3 فيندفع الوقود من فتحة الخروج 4 إلى غرفة العوامة بالمغذى مارا بصمام الإبرة المفتوح عندئذ.

- حالة امتلاء غرفة العوامة بالوقود:

(أ) يغلق صمام الإبرة غرفة العوامة، ويحول دون وصول الوقود إليها.

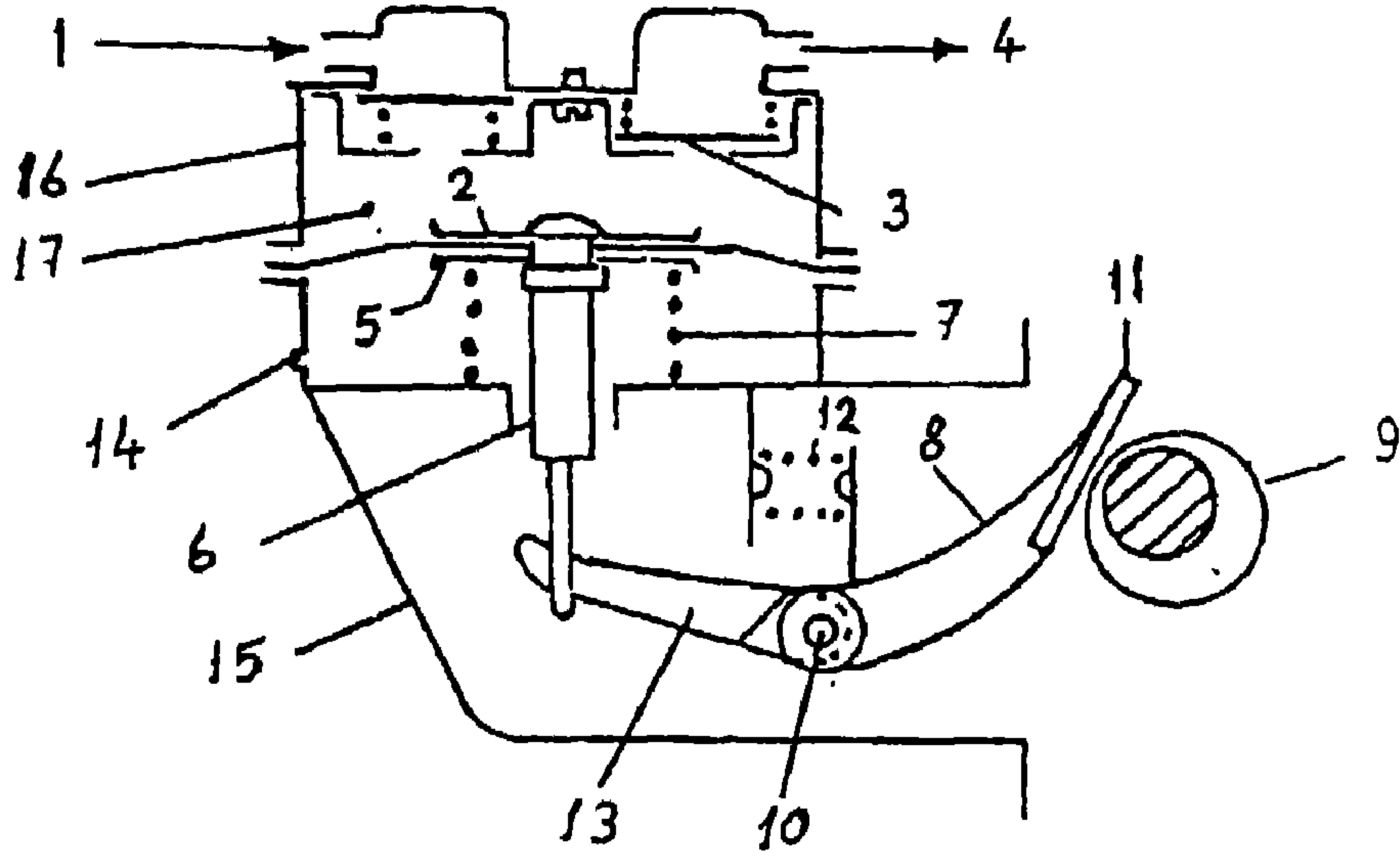
(ب) تعمل عندئذ المضخة شوط سحب فقط ولا يمكنها عمل شوط ضغط، حيث تمتلئ غرفة المضخة 17 ويظل الرداخ 5 ساكنا فى وضعه عند نهاية حركته إلى أسفل، والنابض spring 7 منضغطا متقلصا لا يقوى على ضغط الرداخ إلى أعلى.

(ج) يظل الذراع المتأرجح الداخلى 11 متأرجحا بتأثير الحدبة لاستمرار دورانها دون أن يؤثر على الذراع المتأرجح الداخلى 13 والذى يظل ساكنا بدوره.

(د) هكذا يبطل عمل المضخة إلى أن يستنفذ جزء من الوقود بغرفة العوامة فيفتح صمام الإبرة مرة أخرى ليسمح باستقبال دفعة أخرى من الوقود، حيث تبدأ المضخة بالتالى عملها مرة أخرى.

نظرية التشغيل:

يوضح الشكل (3-34) رسم تخطيطى لمضخة ميكانيكية، حيث تسحب هذه المضخة كمية قليلة من الوقود(البنزين) فى كل مشوار من مشاوير رداخها، نظرا لضآلتها المتداهية، ثم يقوم بدفع الوقود إلى المغذى تبعا لحاجته إليه، ويتم ذلك كما يلى:



الشكل (3-34)

رسم تخطيطى لمضخة تعمل بالنظام الميكانيكى

1- شروط السحب:

(أ) تعمل الحدبة 9 أثناء دوران عمود الحدبات على دفع ذراع التأرجح 11 للرافعة 8 إلى أعلى حول المحور 10 وضد ضغط النابض اللولبى (spring) 12.

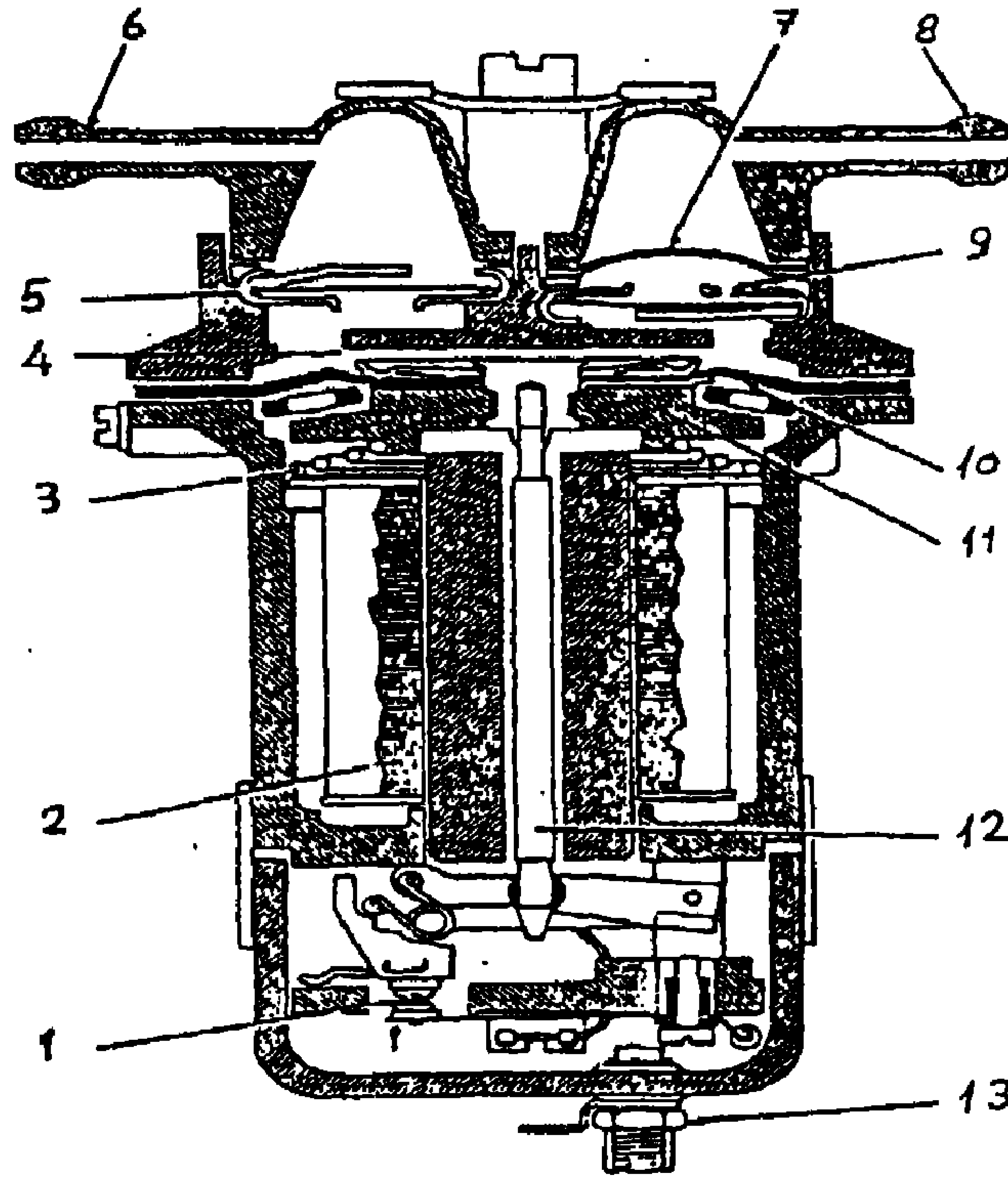
(ب) يؤثر الذراع 11 على ذراع التأرجح الداخلى 13 إلى أسفل ليسحب معه عمود المضخة 6 ومعه الرداخ 5 ضد ضغط النابض (الياي) 7 .

(ج) هكذا تتخلخل غرفة المضخة 17 وينخفض الضغط بها عن الضغط الجوى عن المغذى ويوصى بعدم تثبيتها على المحرك مباشرة، حتى لا تتعرض ملفاتها للحرارة المرتفعة، الذى قد يؤدى إلى ارتفاع مقاومتها واختلال عملها.

المضخة الكهربائية Electrical Pump

تعمل هذه المضخة بنظام التغذية بقوة الدفع، وتثبيت فى مستوى منخفض.

يوضح شكل (3-35) قطاع فى مضخة وقود تعمل بالنظام الكهربائى والمستخدمة فى بعض السيارات.



شكل (3-35)

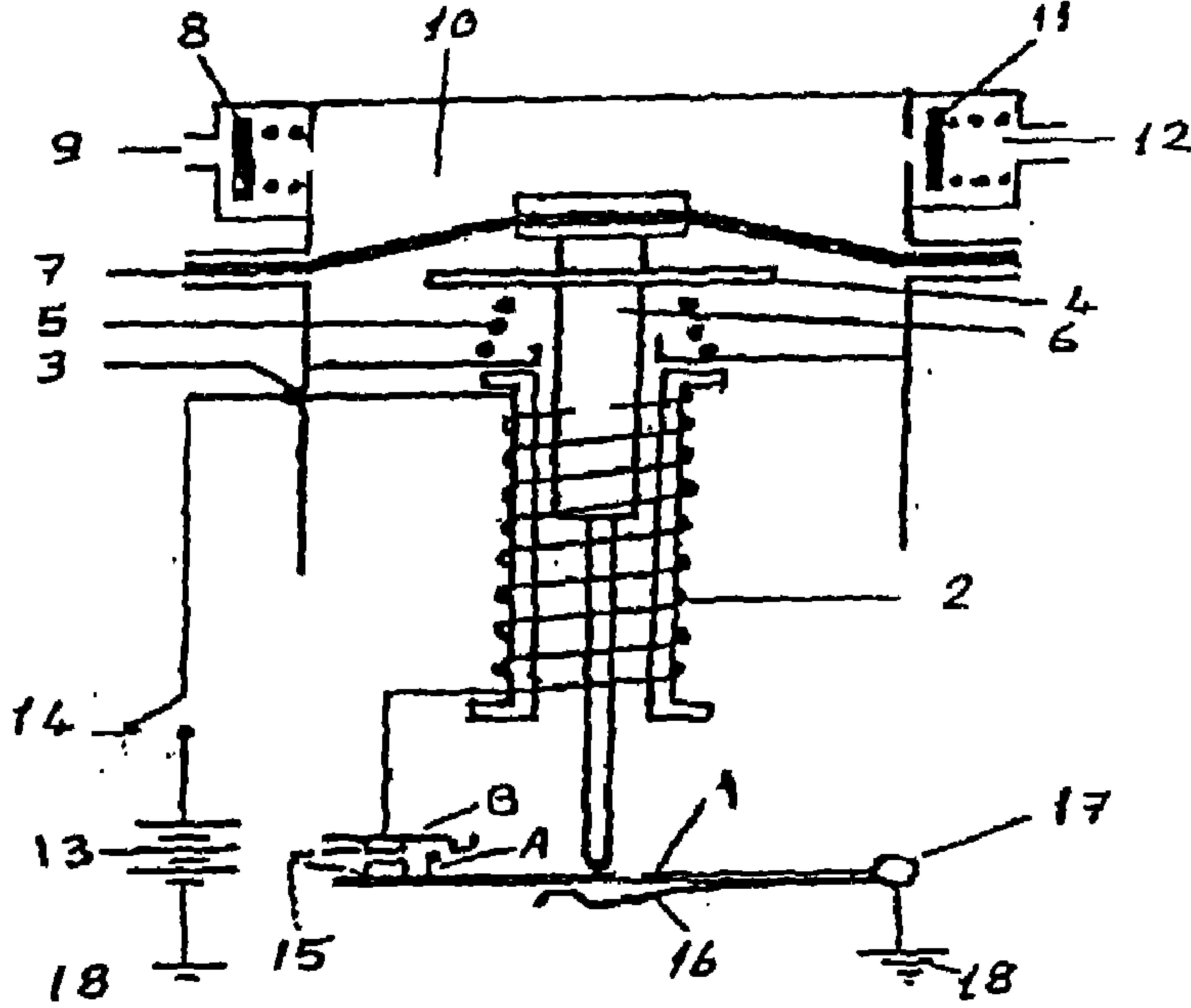
قطاع فى مضخة وقود تعمل بالنظام الكهربائى

1- قطاع اتصال ذو نقطتين تماس
2- ملفات المجال المغناطيسى
3- نابض إرجاع
4- غرفة المضخة
5- صمام الخروج
6- فتحة الخروج
7- مصفاة
8- فتحة الدخول
9- صمام الدخول
10- الرداخ (القرص أو الحجاب المرن)
11- قرص المنتج
12- عمود المضخة (قلب المنتج الحديدى)
13- وصلة (برغى) اتصال بمصدر الطاقة (النضيدة) البطارية

نظرية التشغيل:

تعمل المضخة الكهربائية الموضحة بالرسم التخطيطى بشكل (3-36) بمجرد غلق لدائرتها الكهربائية عن طريق مفتاح التشغيل (مفتاح الإشعال)، حيث يفتح صمام

الإبرة بغرفة العوامة، ليسمح باستقبال الوقود، حتى لو توقف المحرك عن الـــدوران، وتتم دورة تشغيلها كما يلى:



شكل (3-36)

رسم تخطيطى لمضخة وقود تعمل بالنظام الكهربائى

1- شروط السحب:

(أ) عندما تغلق الدائرة الكهربائية عن طريق مفتاح التشغيل، يسرى التيار من النصيدة (Battery) إلى مسمار التوصيل 6 بالمضخة إلى ملفات المجال المغناطيسى 2 إلى نقطتى تماس قاطع الاتصال (A,B) المتماستين فى ذلك الحين إلى رافعـــة قـــاطع الاتصال 1 فالأرضى 18 .

(ب) يتولد حول الملف مجال مغناطيسى، فيعمل على جذب القرص 4 ومعه عمـــود المضخة 6 وبالغشاء إلى أسفل ضد ضغط النابض (الياي) 5 .

(ج) تتخلخل غرفة المضخة 10 نتيجة لذلك، حيث تزداد سعتها وينخفض الضغط بها عن الضغط الواقع على الوقود فى الخزان.

(د) يفتح صمام الدخول 8 نتيجة لفرق الضغطين ويتوارد الوقود من فتحة الدخول 9 إلى غرفة المضخة 10 حتى تمتلئ بينما يظل صمام الخروج 11 مغلقا.

2- شوط الضغط (التغذية):

(أ) بمجرد وصول عمود المضخة 6 إلى نهاية حركته إلى أسفل، يضغط بنهايته السفلى على رافعة قاطع الاتصال 1 ضد الرقيقة النابضتين 16 ليباعد بين نقطتى الاتصال A,B فتفتح الدائرة، وينقطع مرور التيار الكهربائى.

(ب) عدم وجود مجال مغناطيسى حول الملفات، نتيجة لفصل التيار الكهربائى، لذلك يقوى النابض (الياي) 5 على دفع القرص 4 والغشاء 7 وعمود المضخة 6 إلى أعلى وإرجاعها إلى موضعها الأصلى. .

(ج) انخفاض سعة غرفة المضخة 10 ويرتفع ضغط الوقود بها مما يؤدى إلى غلق صمام الدخول 8 وفتح صمام الخروج 11 فيندفع الوقود من فتحة الخروج 12 إلى غرفة العوامة بالمغذى مارا بصمام الإبرة المفتوح حينذاك.

2- تكرار دورة التشغيل:

عندما يصل القرص 4 وعمود المضخة 6 إلى النهاية العليا لحركتها، تعمل الرقيقة النابضة 16 على دفع رافعة القاطع 1 لإعادة تلامس النقطتين A,B، فتغلق الدائرة الكهربائية لتتولد طاقة مغناطيسية لتعمل على جذب القرص 4 إلى أسفل مرة أخرى، حيث تتكرر عملية فتح وغلق الدائرة الكهربائية، وبالتالى تكرر دورة التشغيل بشوطيها (السحب والضغط) لتتم عملية توصيل المغذى بالوقود.

حالة امتلاء غرفة العوامة بالوقود:

(أ) يغلق صمام الإبرة غرفة العوامة ويحول دون توارد الوقود إليها.

(ب) تؤدى المضخة عملها حتى تمتلئ الغرفة 10 بالوقود فيظل الغشاء 7 ساكنا فى موضعه عند نهاية حركته إلى أسفل فى نهاية شوط السحب، كما يظل النابض 5 منضغطا دون أن يقوى على ضغط الغشاء 7 إلى أعلى لعمل شوط ضغط.

(ج) يظل عمود المضخة 6 فى نهاية مشواره إلى أسفل ضاغطا على رافعة قاطع الاتصال 1 مباعدا بين نقطتى التماس A,B أى فتح دائرة ملفات المجال المغناطيسى.

(د) يبطل عمل المضخة إلى أن يستنفذ جزء من الوقود بغرفة العوامة ويهبط منسوبه بها، فيفتح صمام الإبرة مرة أخرى ليسمح باستقبال مزيد من الوقود، وتبدأ المضخة عملها مرة أخرى.

مجموعة التوقيت فى المحركات رباعية الأشواط

Timing case in four – stroke engines

المقصود بمجموعة التوقيت فى المحركات رباعية الأشواط، أى التحكم فى فتح وغلق الصمامات والسماح بدخول كمية الخليط المكونة من الوقود والهواء إلى اسطوانات المحرك، وكذلك السماح للغازات المحترقة بالخروج منها فى التوقيت الصحيح.

ويتم التحكم فى تنظيم مجموعة التوقيت من خلال الصمامات التى تحدد حركتها عن طريق عمود الحدبات (camshaft) ، وأجزاء أخرى مساعدة مثل الإصبع الغمازة وأذرع الدفع والروافع القلابية وبعض النوابض شكل (3-37)

أما بالنسبة للتحكم فى مجموعة التوقيت بالمحركات ثنائية الأشواط، فإن ذلك يتم عادة عن طريق الكباسات pistons التى تسمح بفتح وغلق الفتحات المخصصة لدخول الهواء وخروج العادم فى الوقت الصحيح.

يخصص بعمود الحدبات حدبة لصمام السحب وأخرى لصمام العادم، وذلك لكل اسطوانة من اسطوانات المحرك، كما ترتب الحدبات على العمود بحيث تتم الأشواط الأربعة بجميع الاسطوانات فى كل لفتين من لفات عمود الإدارة.

والحدبات عبارة عن أقراص مشكلة فى عمود الحدبات لتحويل الحركة الدائرية إلى حركة مستقيمة مترددة، وذلك من خلال أسطحها الجانبية المنحنية، وشكل

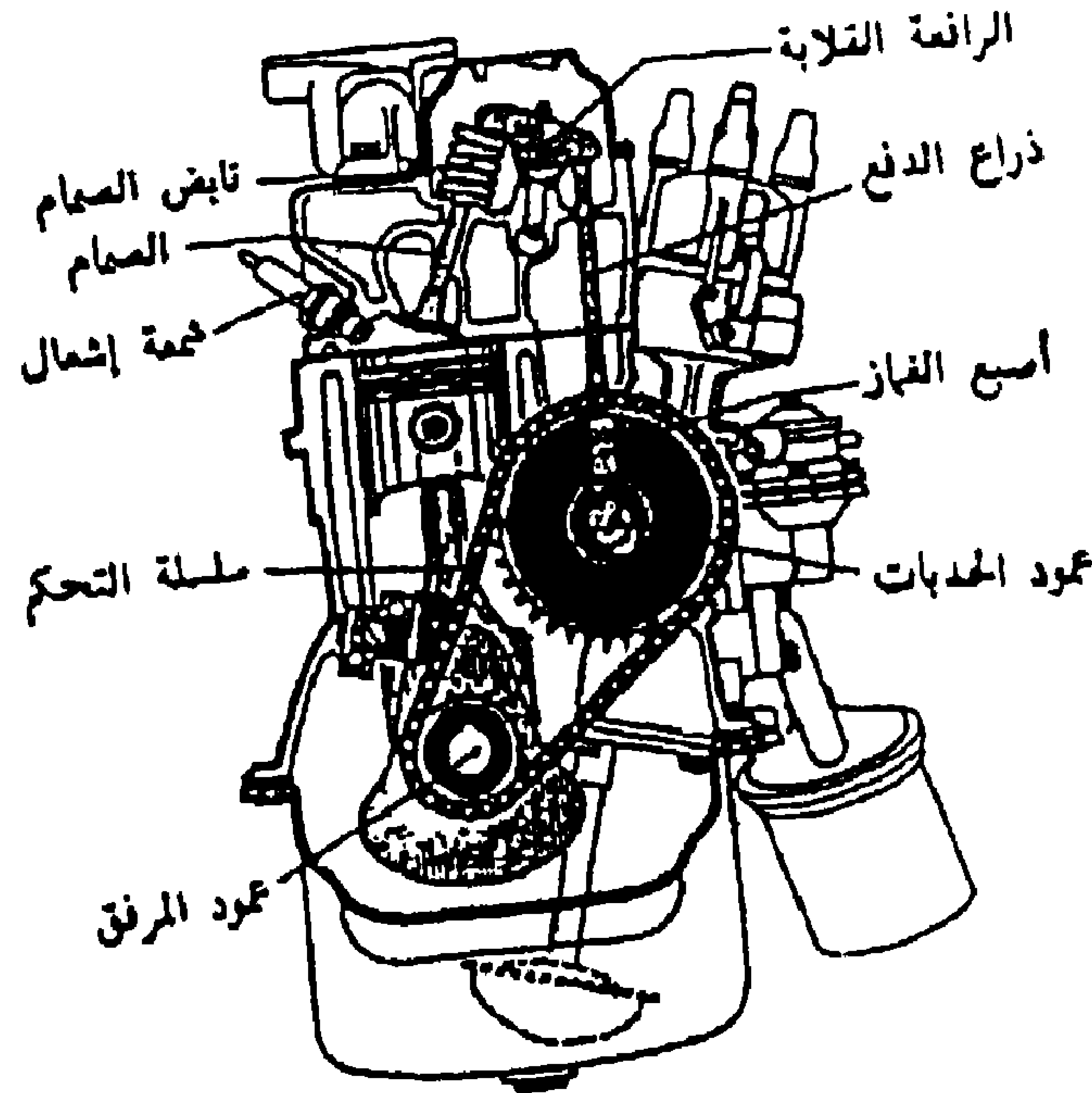
(3-37) يوضح حدبة أثناء دورانها والحركة المستقيمة المترددة الناتجة، ونقلهـا إلـى إحدى الصمامات.

عمود الحدبات Camshaft

يتحكم عمود الحدبات فى فتح وغلق صمامات السحب والعادم باسطوانات المحرك.

يستمد عمود الحدبات حركته من عمود الإدارة عن طريق تعشيقة تروس، أو إدارة بالجنازير أوة إدارة بالسيور المسننة الشكل السابق، بحيث يكون سرعته نـصف سرعة عمود الإدارة، حتى يمكن فتح وغلق كل من صمامى السحب والعادم فى كـل اسطوانة مرة واحدة لكل دورتين من دورات عمود الإدارة.

يحتوى عمود الحدبات على عدد من الحدبات موزعة على طـول العمـود، والتى تعمل على فتح وغلق الصمامات وبقائها مفتوحة أو مغلقة، وذلك بتوقيت دقيـق لعمليتى السحب وتصريف العادم.



شكل (3-37)

يوضح مجموعة التوقيت بالمحركات رباعية الأشواط

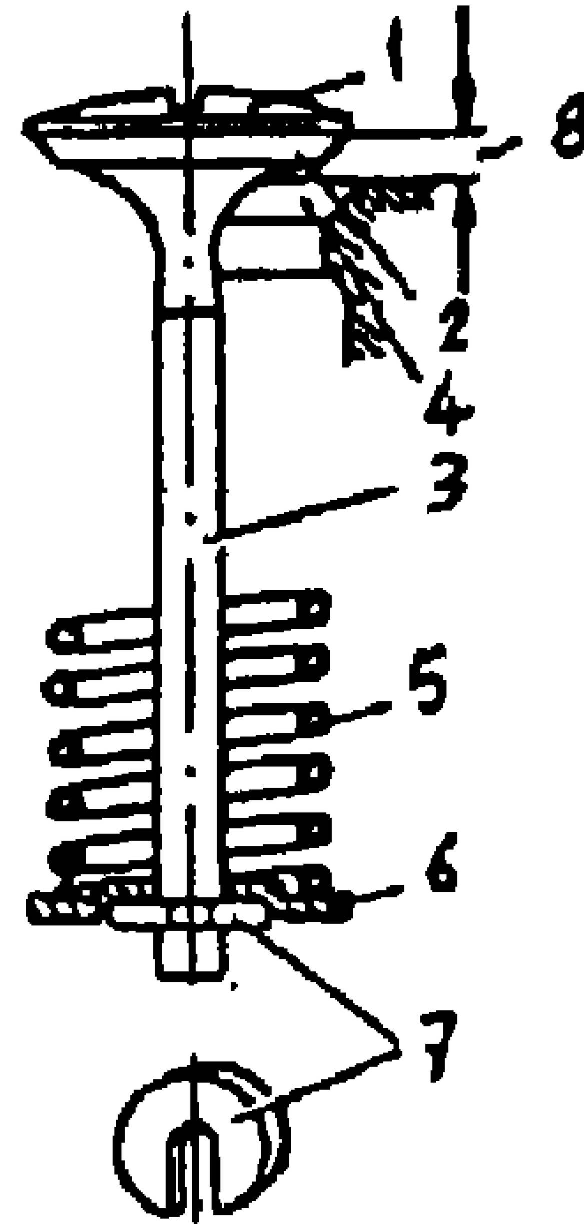
الصمامات Valves

تزود معظم محركات الاحتراق الداخلى بصمامات مخروطية الشكل، وبصفة عامة يحتوى كل محرك عادى على صمام سحب وصمام عادم. وشكل 3-43 يوضح إحدى الصمامات.

فى معظم المحركات يكون صمام السحب أكبر من صمام العادم، وفى هذه الحالة يكون تصميم هذا النوع من المحركات مبنى على أساس أن حجم غاز العادم اصغر من حجم الخليط الجديد.

وفى محركات أخرى يكون صمام السحب أكبر من صمام العادم، ويكون تصميم هذا النوع من المحركات مبنى على أساس تحسين ملئ الاسطوانات بالخليط الجديد، وتكون غازات العادم تحت ضغط كاف للتغلب على مقاومة ممر ضيق.

كما تزود بعض المحركات بصمامين للسحب وصمامين آخرين للعادم فى كل اسطوانة.



شكل (3-38) يوضح الصمام

1- القرص
2- وجه الصمام
5- نابض (ياي) الصمام
6- طبق النابض

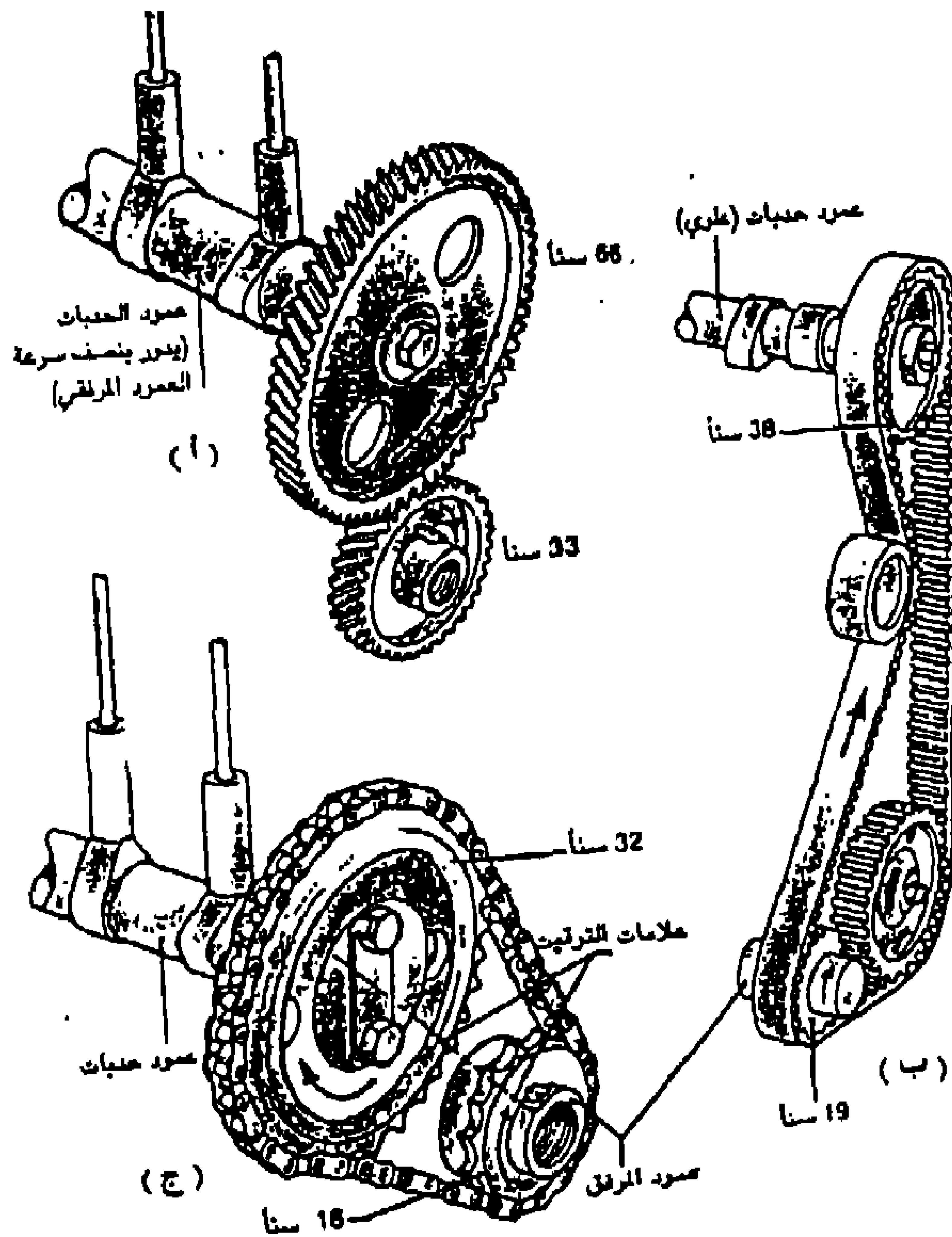
3- ساق الصمام　　　　7- قرص مشقوق

4- سطح مقعد الصمام　　　　8- مسافة تحرك الصمام

يصنع عمود الحدبات من قطعة واخدة بطريقة الاسطمبات أ,ة بطريقة الصب السبائكى، أو من حديد الزهر، ويقسى سطحه ليقاوم التآكل خصوصا فى مواضع كراسى التحميل وأسطح الحدبات، كما تشكل الحدبات بدقة تامة حتى يكون فتح وغلق الصمامات بالسرعة وبالمدة المطلوبة، بحيث لا يشكل ارتفاعها أى إجهاد على الأجزاء المتحركة.

المعرض له الوقود الموجود بالخزان.

عندئذ يفتح صمام الدخول 2 بفرق الضغطين ويصل الوقود من فتحة الدخول 1 إلى الغرفة 17 حتى تمتلئ، بينما يظل صمام الخروج 3 مغلقا.

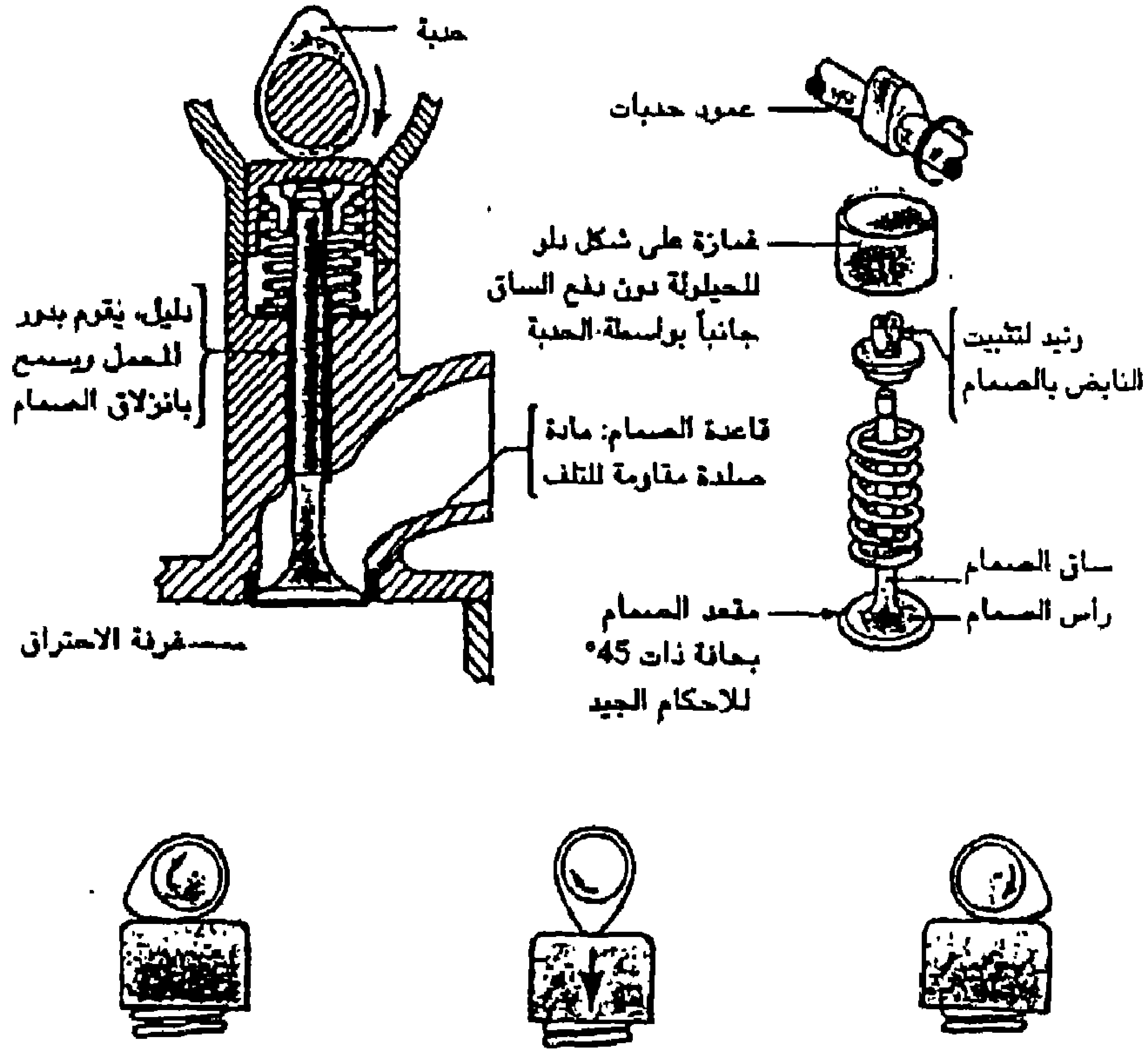


(أ) انتقال الحركة بالتروس.

(ب) انتقال الحركة بالسيور المسننة.

(جـ) انتقال الحركة بالجنازير (السلاسل).

شكل (3-39) طرق انتقال الحركة إلى عمود الحدبات



شكل (3-40)

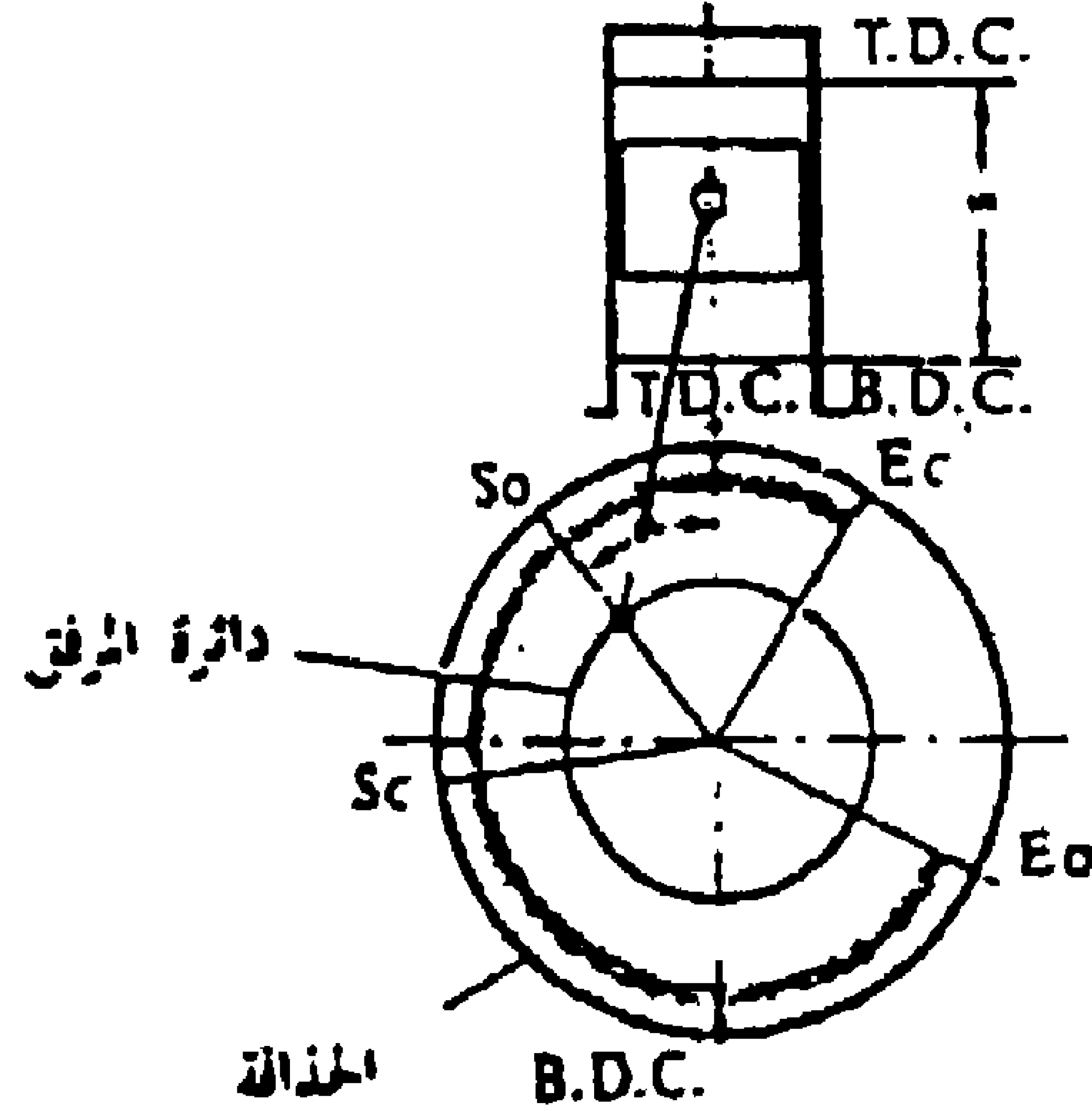
تشغيل الصمامات بواسطة عمود حادبات

(أ) البدء فى عملية فتح الصمام. (ب) فتح الصمام بالكامل.

(ج) البدء فى عملية غلق الصمام.

المخطط البيانى لتوقيت الصمامات:

تسجل النقط واللحظات التى تفتح عندها الصمامات والفتحات أو تغلق، كذلك توقيت الاشتعال أو الحقن بزاويا دوران عمود المرفق a شكل (4-41) ، ويمكن من هذه الزوايا حساب طول الأقواس La لكل قطر حذافة d ، وتكون نقطة البداية هى النقطة الميتة العليا T.D.C والنقطة الميتة السفلى B.D.C.



شكل (3-41)

$$\alpha = \frac{la.360}{d.\pi}$$

$$La = \frac{a.d.\pi}{360}$$

$$d = \frac{La.360}{\alpha\pi}$$

$$t = \frac{\alpha.60}{n.360}$$

حيث:

α ... زاوية عمود المرفق

l ... طول القوس للزاوية (mm)

d ... قطر الحدافة (mm)

t ... الزمن (s)

n ... سرعة دوران المحرك (r.p.m)

so ... فتح صمام السحب (Inlet Opens)

sc ... غلق صمام السحب (Exhaust Closes)

Eo ... فتح صمام العادم (Exhaust Open s)

Ec ... غلق صمام العادم (Exhaust closes)

IG ... نقطة الاشتعال (Ingition Timing)

In ... نقطة الحقن (Injection timing)

n ... التراكب بالدرجات (Overlap)

نلاحظ بأن التراكب n يكافئ طول القوس من لحظة S_0 وحتى E_c وذلك على محيط الحذافة.

$$\alpha_{EV} = 65^\circ + 180^\circ + 45^\circ = 290^\circ$$

n زاوية التراكب $= 45^\circ + 39^\circ = 84^\circ$ .... (ب)

l_α طول القوس $= \dfrac{a.d.\Pi}{360} = \dfrac{312^\circ.300mm.\Pi}{360} = 816.8mm$ ..... (ج)

t الزمن $= \dfrac{\alpha.60}{n.360^\circ} = \dfrac{290^\circ.60s/min}{4500r.p.m.360^\circ} = 0.0089s$ .... (د)

تمارين

1- يفتح صمام السحب الخاص بمحرك قبل T.D.C (النقطة الميتة العليا) بمقدار 6^o . فإذا كان قطر الحدافة الخاصة بالمحرك يساوى 350mm . أوجد المسافة بوحدة mm بين العلامتين SO ، T.D.C على محيط الحدافة؟

2- ما هى المسافة بين العلامتين SO ، T.D.C والمسافة بين العلامتين SC.B.D.C على محيط حدافة يبلغ قطرها 300 mm علماً بأن صمام السحب يفتح عند 22^o قبل T.D.C ويغلق عند 67^o بعد B.D.C ؟

3- يفتح صمام العادم عند المسافة 143.5 قبل B.D.C ويغلق عند 42 mm بعد T.D.C . حدد زوايا عمود المرفق بالدرجات عند فتح وغلق الصمامات إذا كان قطر الحدافة 253.7 mm ؟

4- سيارة قطر حدافتها 273 mm فإذا كان توقيت صماماتها كالتالى:

- يفتح صمام السحب (so) عند 17^o قبل T.D.C
- يغلق صمام السحب (sc) عند 52^o بعد B.D.C
- يفتح صمام العادم (EO) عند 52^o قبل B.D.C
- يغلق صمام العادم (EC) عند 17^o بعد T.D.C

أوجد أطوال الأقواس المناظرة على الحدافة لزمن توقيت كل هذه الصمامات.

5- احسب توقيت الصمامات بالدرجات من أطوال الأقواس التالية إذا علمت أن قطر الحدافة 300mm ، ثم ارسم المخطط البيانى لحركة الصمامات.

- يفتح صمام السحب (so) عند 37.7mm قبل T.D.C
- يغلق صمام السحب (sc) عند 151mm بعد B.D.C
- يفتح صمام العادم (EO) عند 151mm قبل B.D.C
- يغلق صمام العادم (EC) عند 60.4 بعد T.D.C

6- تقع نقطة الحقن لمحرك ديزل عند 41^o قبل T.D.C ، أوجد المسافة المماثلة على

محيط حدافة بوحدة mm إذا كان قطرها 460mm .

7- من المعطيات التالية:

- صمام السحب (so) عند 16.4mm قبل T.D.C
- صمام السحب (sc) عند 90mm بعد B.D.C
- صمام العادم (EO) عند 98mm قبل B.D.C
- توقيت الاشتعال عند 10 mm قبل T.D.C
- قطر الحدافة 235mm

أوجد الآتى:

(أ) تحديد توقيت الصمامات بالدرجات لزوايا عمود المرفق.

(ب) حساب عدد الدرجات لزوايا عمود المرفق التى تظل أثنائها صمامات المحرك مفتوحة.

(ج) ارسم المخطط البيانى لتوقيت الصمامات وبين عليه الأشواط المختلفة.

أمثلة وتمارين على المنحنى البيانى لتوقيت الصمامات

مثال:

- يفتح صمام السحب so عند 39° قبل T.D.C (النقطة الميتة العليا)
- يغلق صمام السحب sc عند 99° بعد B.D.C (النقطة الميتة السفلى)
- يفتح صمام العادم EO عند 56° قبل B.D.C
- يغلق صمام العادم EC عند 45° بعد T.D.C
- قطر الحدافة 300mm وسرعة دوران المحرك 5400r.p.m

والمطلوب الآتى:

أ. زوايا الفتح لصمامات السحب والعادم asv ، aev

ب. زوايا التراكب بالدرجات.

ج. طول القوس من لحظة فتح صمام السحب so إلى لحظة إغلاقه sc مقاسا

على محيط الحدافة.

د. الزمن الذى يظل فيه صمام العادم مفتوحا.

الحـــــل:

$\alpha_{sv} = 39^o + 180^o + 93^o = 312^o$............ (أ)

المغذى (المكربن)*Carburetor*

يعتمد مبدأ عمل المغذى الموضح بالرسم التخطيطى بشكل (3-42) على تحضير خليط مكون من وقود وهواء نسبة 1 : 15 أو 1 : 16 وإمداده للاسطوانات، علما بأن هذه النسبة ثابتة فى جميع سرعات المحرك، أى عند دوران المحرك بسرعة التباطؤ، وعند تغير السرعات، وفى حالة الحمل الجزئى أو الحمل الكلى ويعمل المغذى على النحو التالى:

شروط السحب:

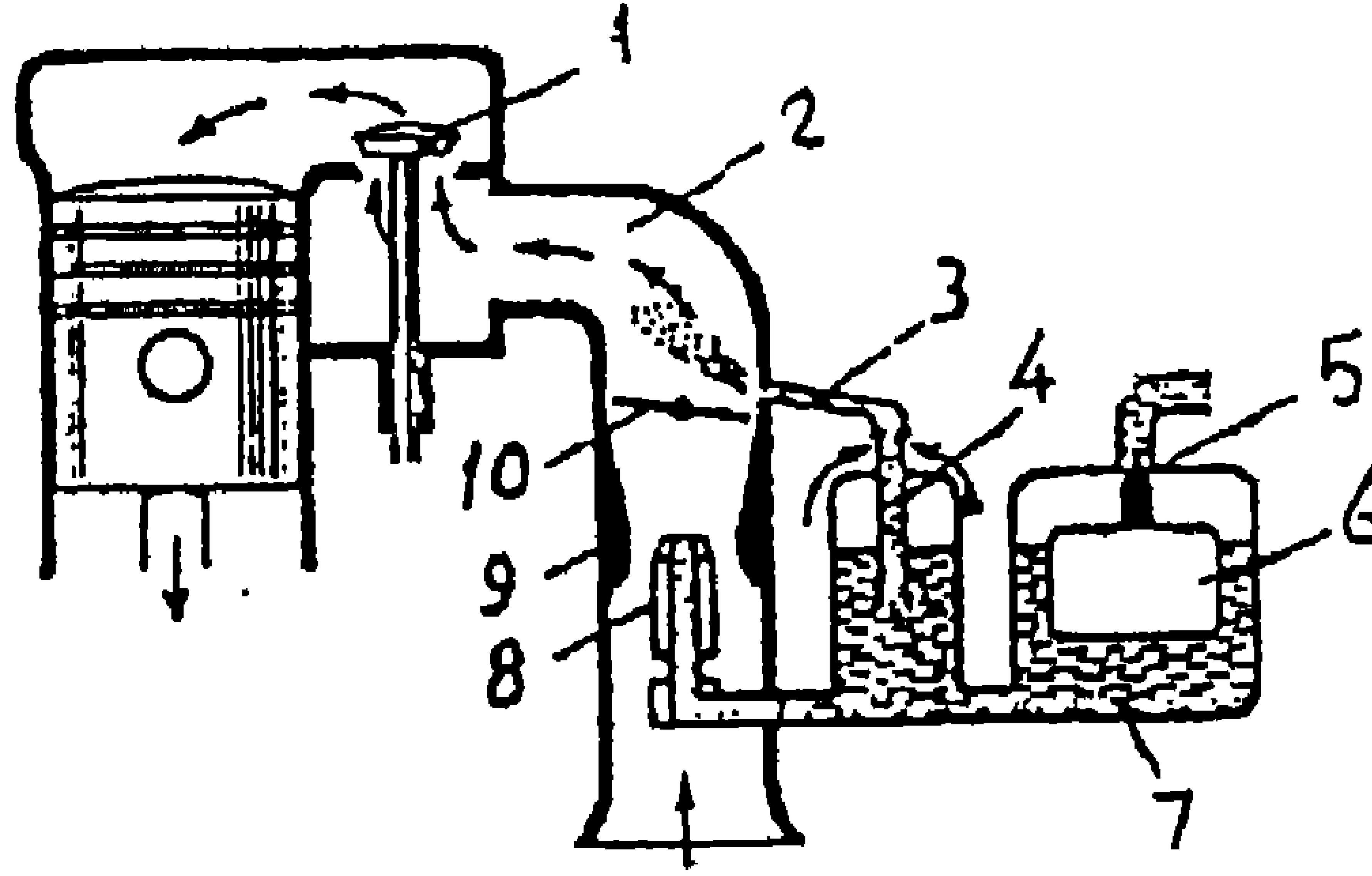
يسحب المحرك للهواء الخارجى فى شوط السحب، ليمر فى مدخل المغذى فيزداد سرعته عند موضع الاختناق الموجود به، وإذا ثقبت فتحة صغيرة فى منطقة هذا الاختناق لتتصل بالوقود، فإنه يمكن سحب الوقود عن طريقها فى الوقت الذى يمر فيه الهواء ليختلط به مكونا قطرات دقيقة الحجم، أى مكونا خليط الوقود والهواء المطلوب. ويمكن التحكم فى هذا المخلوط الوارد للمحرك وبالتالى كمية الوقود، عن طريق صمام اختناق مركب فى مدخل السحب بالمغذى فى موضع بينه وبين المحرك.

نظرية المغذى:

شكل (3-42) يوضح رسم تخطيطى للفكرة الأساسية التى بنيت عليها نظرية عمل المغذى.

الجزء الضيق الأنبوبى الموجود فى مدخل المغذى 9 والذى يعرف بأنبوب فنشورى، كما تعرف فتحة مرور الوقود 8 بالمنفس، ويتصل هذا المنفث بوعاء تخزين (غرفة العوامة) 7 ، وهى تحتوى على العوامة 6 ، وهى تعمل على الاحتفاظ بالوقود

فى مستوى ثابت، وعندما يصل مستوى الوقود إلى أقصى حد له، تقوم العوامة بإغلاق فتحة الدخول المتصلة بخزان الوقود، أو بمضخة الوقود، وذلك عن طريــق الـصمام الأبرى 5 .



شكل (3-42)

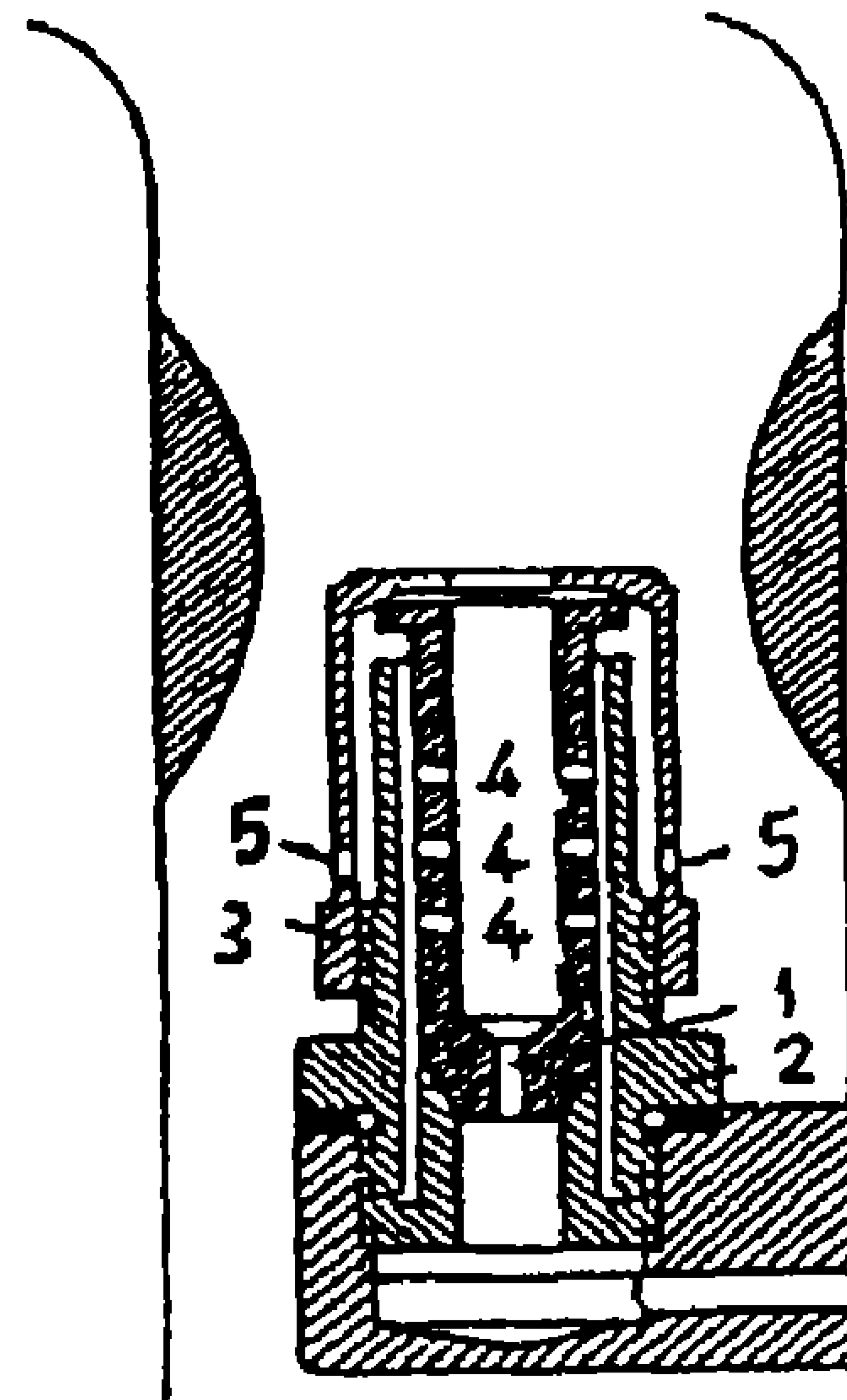
الفكرة الأساسية فى عمل المغذى

1- صمام سحب
2- ماسورة السحب
3- ماسورة الإمداد بالوقود
4- فوهة السرعة البطيئة
5- ابرة العوامة
6- عوامة
7- غرفة العوامة
8- المنفث الرئيسى
9- أنبوب فنتورى
10- صمام خلق

تحتوى الفوهة الموضحة بالرسم التخطيطى بشكل (3-43) على جميع الأجزاء التى تتحكم فى تكوين الخليط، بحيث تحتوى فى قاعها على المنفث الأنبوبى الرئيــسى 1 المركب فى الحامل 2 المثبت فى الغطاء 3 عن طريق الفتحات 4 ، ويتصل المنفث الرئيسى بغلاف الوقود الموجود بينه وبين حامل المنفث، ومن ثم فإن مستوى الوقــود به يتساوى بمستوى الوقود فى كل من المنفث وغرفة العوامة، وهناك فراغ آخر بــين الحامل 2 والغطاء 3 وهو متصل بالهواء الخارجى عن طريق الفتحــات 5 ، وعنــد التعجيل ، أى فتح صمام الاختناق، يسحب الخارجى الوقود بسرعة من الغلاف ويمكن

التحكم فى كمية الهواء الإضافى بواسطة المنافث المتعددة الفتحات 4 أو المنافث ذات الشقوق الطويلة.

ولكى يوفى المغذى بجميع المتطلبات، يجب تزويده ببعض العناصر التكميلية، وفى مقدمتها العناصر المتعلقة ببدء حركة المحرك مثل صمام الخنق الذى يوضع أمام المنفث الرئيسى الذى يغلق عند بدء حركة المحرك إذا كان باردا، وحينئذ يؤثر الضغط الكلى للسحب على فوهة الوقود، حيث يتم الحصول على الوقود الزائد.



شكل (3-43)

الفوهة

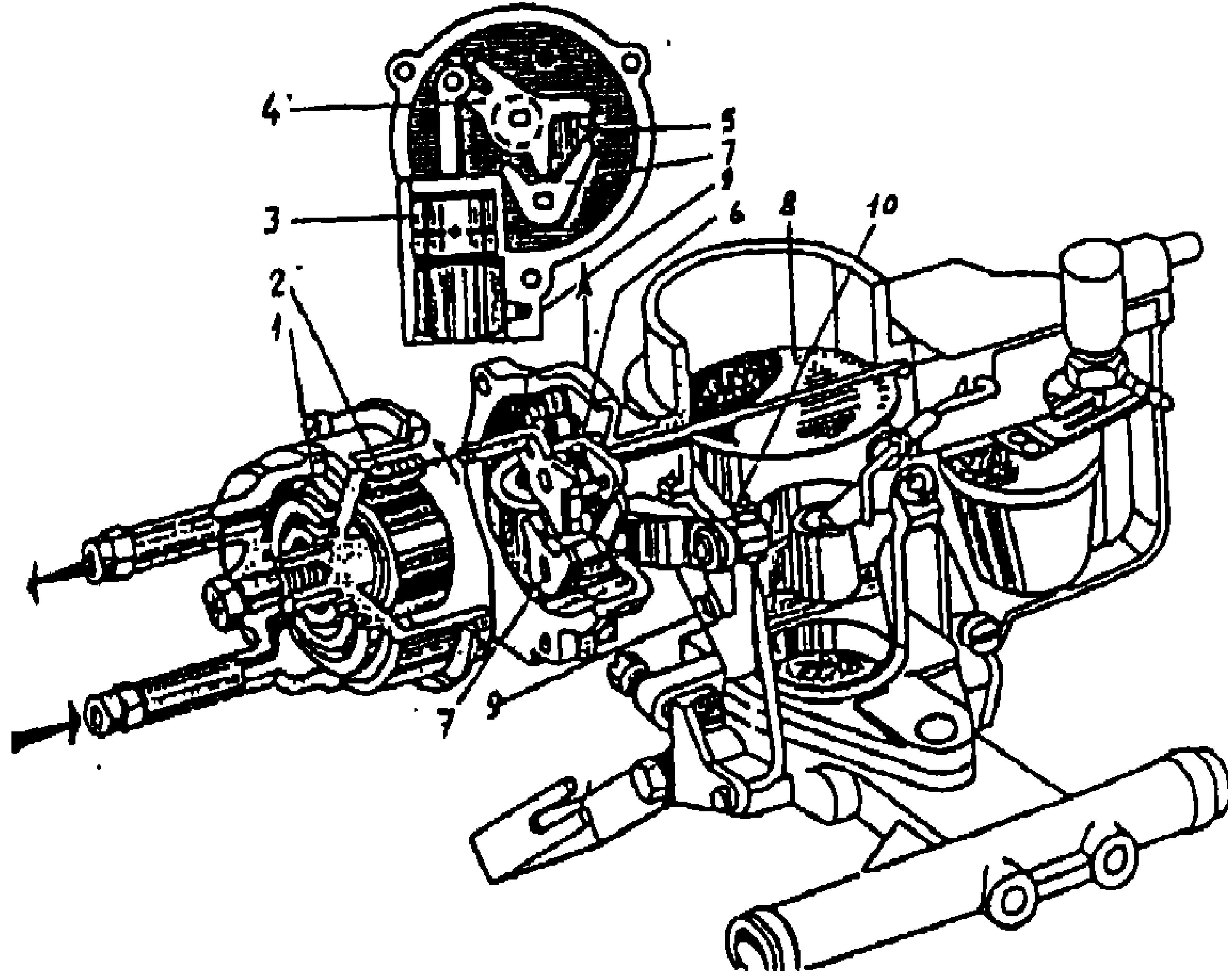
1- المنفث الرئيسى
2- حامل المنفث
3- غطاء المنفث
4- فتحات
5- فتحات متصلة بالهواء الخارجى.

مغذى يحتوى على وسيلة تحكم فى بدء حركة المحرك وهو بارد:

المغذى الذى يعمل بطريقة السحب الأسفل، يعتبر مثالا لأمثلة التصميمات

الهندسية العديدة المبتكرة فى مجال الصناعة، حيث تعمل جميع هذه المغذيات بنظرية واحدة بصرف النظر عن الاختلافات التى قد تحدث فى تصميماتها وخصائصها لتتماشى مع خصائص كل طراز من المحركات وظروف تشغيله.

وقد زودت المحركات حديثا بمغذيات تحتوى على وسائل إضافية للتحكم الأوتوماتى فى بدء حركة المحرك وهو بارد، كما هو موضح بالرسم التخطيطى بشكل (3-50) ، فبالاستعانة بإحدى الوحدات الحساسة للحرارة (الثنائية المعدن) يمكن ضبط وسيلة بدء الحركة على البارد أوتوماتيا على درجة حرارة تشغيل المحرك. وبازدياد مسخونة المحرك تنفصل وسيلة التحكم من تلقاء نفسها، وهكذا يمكن الاستغناء عن وسائل التحكم اليدوية التى يستخدمها السائق فى بدء الحركة على البارد ، ومن ثم يمكن تخفيض احتمالات حدوث البلى.



شكل (3-44) يوضح مغذى به وسيلة تحكم فى بدء الحركة على البارد

1-وعاء مائى متصل بمياه تبريد المحرك

2-نابض – ثنائى المعدن

3-دافعة ذات ضغط منخفض

4-رافعة نقل حركة

5-قرص مدرج

6-نابض – إرجاع

7-رافعة نقل حركة

8-صمام خانق

9-قناة الضغط المنخفض

10- مسمار ضبط

وظيفة المكربن:

إن الوقت المتاح لحرق الوقود فى الاسطوانة قصير جدا (يبلغ نحو 0.015). ولكى يمكن احتراق الوقود فى هذه الفترة القصيرة، يجب أولا تحويل الوقود من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية أى تبخيره، ويتم هذا التحويل على مرحلتين. ويتولى المكربن إتمام المرحلة الأولى، حيث يقوم بتذرية الوقود، أما المرحلة الثانية وهى تحول الوقود المذرى إلى غاز فتتم فى مشعب السحب، وعلى الأخص فى الاسطوانة، نتيجة ارتفاع درجات الحرارة، وترتفع درجة الحرارة فى الاسطوانة أثناء شوط الانضغاط، حتى عندما يكون المحرك فى حالة باردة، مما ينتج عنه تبخر جزء كبير من الوقود، ويحتاج حرق كمية من الوقود إلى كمية معينة من الهواء. ومن هنا تنشأ وظيفة ثانية للمكربن، هى تحضير خليط من الوقود والهواء بنسبة الخلط الملائمة لكل ظروف من ظروف التشغيل.

أنواع المغذيات (المكربنات)

توجد أنواع وأشكال مختلفة من المغذيات (المكربنات)، تختلف بعضها عن بعض تبعا لاختلاف اتجاه مرور التيار الهوائى بها، ويمكن تصنيفها إلى الأنواع التالية:

مكربن سوليكس المتعدد المراحل:

تكون اختلافات سرعات التدفق فى أنبوب السحب كبيرة جدا فى المحركات

عالية السرعة. ويتطلب ذلك استعمال أنبوب سحب ذى مقطع كبير عند سرعات دوران المحرك العالية، الأمر الذى ينتج عنه نقص فى انخفاض الضغط فى أنبوب السحب عند سرعات المحرك المنخفضة، ويتبعه انخفاض معدل سحب الوقود، ولتجنب هذا العيب يستعمل مكربن متعدد المراحل، أو ما يسمى ايضاً بالمكربن المنظم أو المعدل.

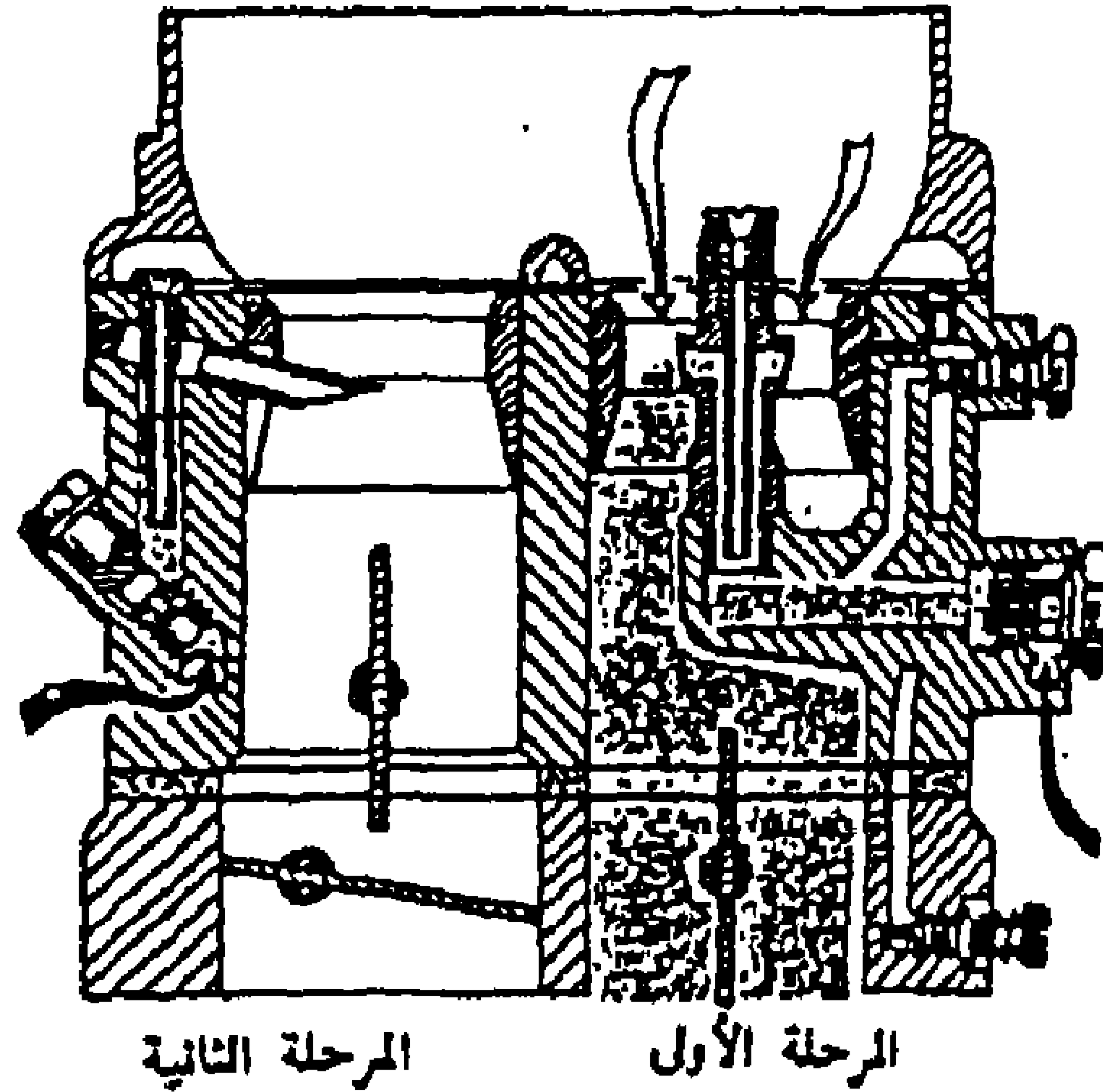
يحتوى مكربن سوليكس المتعدد المراحل شكل (3-51) على قناتى سحب تلتقيان عند أنبوب السحب (المص). وتكون كل قناة منهما مرحلة يرمز إليها بالمرحلة الأولى والمرحلة الثانية، نظراً لتعاقب فتحهما، ويخص كل قناة منهما صمام خنق، ويعمل صمام الخنق للمرحلة الأولى بواسطة ذراع المكربن من دعسة السير، ويتصل صمام الخنق الأول هذا بعمود صمام الخنق الثانى عبر ساعد. ويبدأ فتح صمام الخنق الثانى عندما يكون صمام الخنق للمرحلة الأولى مفتوحاً بقدر يزيد قليلاً عن مقدار نصف فتحته.

ويوجد فى قناة سحب المرحلة الثانية – أسفل صمام الخنق – صمام تفريغ محمل بثقل موازنة يستجيب تلقائيا لتأثير انخفاض الضغط.

ويفتح صمام الضغط المنخفض عند سرعات دوران المحرك العالية وعند الحمل الكبير. ويتحدد ابتداء الفتح بكتلة ثقة الموازنة. ويتيح صمام الضغط المنخفض استعمال أكبر قمع هواء (فنشورى) – ممكن فى المرحلة الثانية. وبذلك يمكن الحصول على أكب قدرة دون الأضرار بأداء المحرك عند سرعات الدوران المنخفضة. ويحتوى المكربن متعدد المراحل على تجهيزه (مكربن) بدء التشغيل مزودة بصمام منزلاق دورانى، يمكن التحكم فيه عن طريق شد الذراع المتصل به. ويصب الوقود الخارج من تجهيزه قبدء التشغيل فى قناة سحب المرحلة الثانية من خلال ثقب يقع بين صمام الخنق وصمام الضغط المنخفض، وعند بدء التشغيل يفتح صمام الضغط المنخفض قليلاً.

وتؤثر كل من تجهيزه سرعة اللاحمل ومضخة التعجيل على المرحلة الأولى فقط وتسحب كمية الخليط اللازمة للتشغيل بكاملها من المرحلة الأولـى فقـط. أمـا المرحلة الثانية فتشارك فى تحضير الخليط فقط فى حالة التشغيل عند الأحمال الكبيـر وسرعات الدوران العالية أو عند بدء التشغيل.

ويمكن تزويد المرحلة الثانية بصمام خنق فقط، وفى هذه الحالة يضبط صمام الخنق بحيث يظل مغلقا حتى نصف فتحة صمام الخنق بالمرحلة الأولى، ويفتح فقـط عند الانخفاض الشديد في الضغط، أى عند سرعات دوران المحرك المرتفعة.



شكل (45-3) يوضح مكربن سوليكس المتعدد المراحل

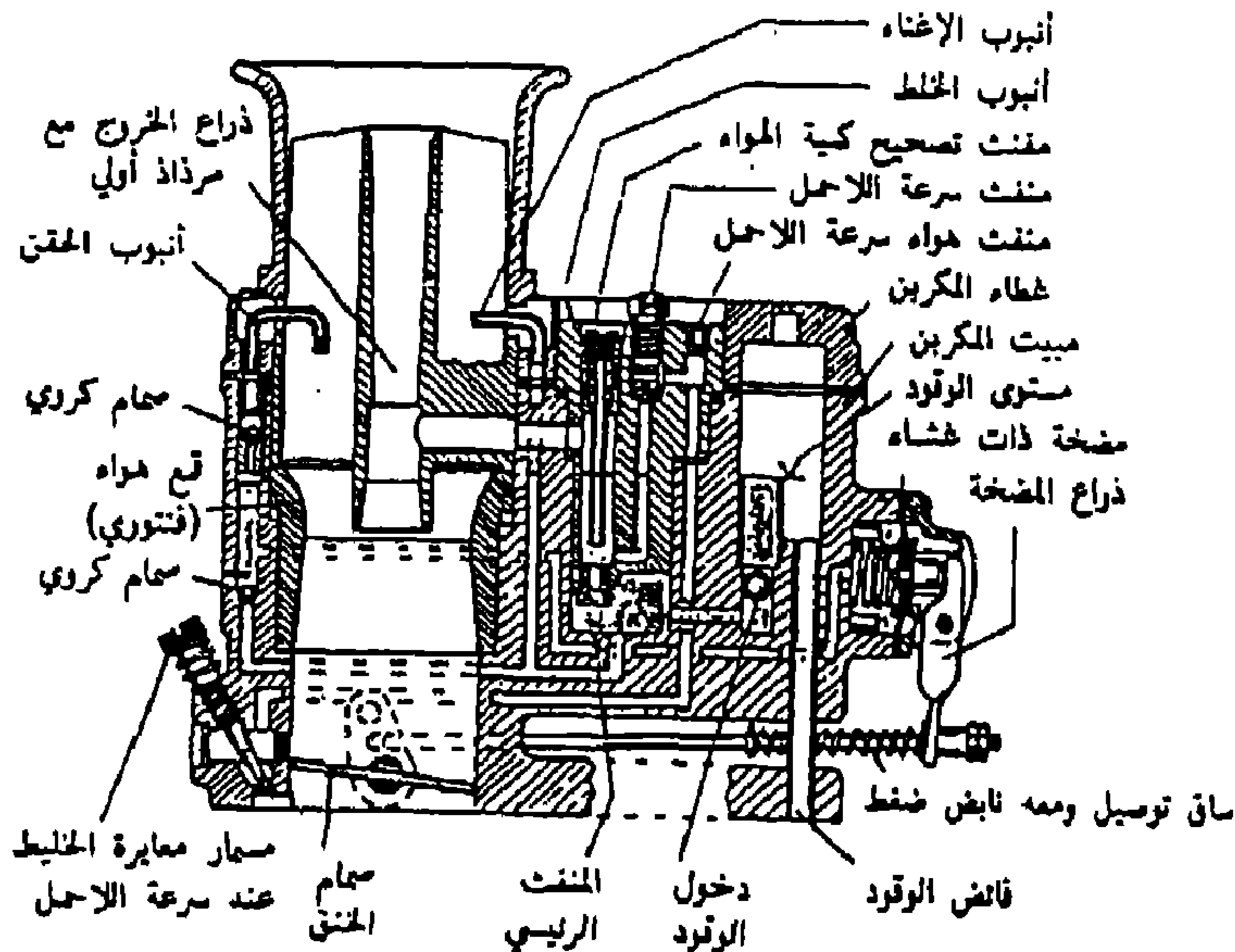
المكربن ذو أنبوب الفائض:

لقد تطورت المكربنات ذات أنبوب الفائض لسيارات السابق لتحقيـق ثبـات مستوى الوقود فى أنبوب الخلط لكل ظروف التشغيل، مثل التسارع الـشديد وتباطـأ الكبح والسير السريع فى المنعطفات. وتنتج هذه المكربنات على نمط المكربنات ذات التيار الهوائى الخابط شكل (52-3) . وعند عدم توافر الحيز اللازم فتنتج كمكربنـات ذات تيار هوائى مائل. ولا يوجد فى هذا النوع من المكربنات غرفة عوامة ولا عوامة ولا صمام عوامة أبرى. وهى تصلح للاستعمال فى التجهيزات متعدد المكربنات بشكل خاص، كما تمتاز بأنها تزود المحرك بوقوج بارد دائما مما يمنع تكون فقاعات بخار

الوقود (عائق بخارى).

ولتحديد المستوى الصحيح للوقود فى أنبوب الخلط، يستعمل أنبوب فائض يقع بالقرب من مخرج الخليط ، ويستعمل أنبوب دخول الوقود كأنبوب فائض للمكربنات ذات التيار الهوائى الهابط. أما المكربنات ذات التيار الهوائى المائل فيستعمل أنبوب الإرجاع بها كأنبوب فائض. وبهذا يظل تدفق الوقود إلى المكربن ثابتا، وبمعدل يتيح بقاء فائض منه حتى عند أكبر تحميل للمحرك، أما الوقود الفائض فيرجع من خلال أنبوب الوقود.

عند استعمال تجهيزه ذات مكربنين، يوجد خزان موازنة صغيرة يقع أسفليهما ويسمى بغرفة العوامة. وتسحب مضخة الوقود الميكانيكية، الوقود من الخزان لتضخه فى غرفة العوامة، حيث تنظم العوامة معدل تدفق الوقود بصمام العوامة الإبرى وتقوم مضخة ثانية (ميكانيكية أو كهربائية) بضخ الوقود من غرفة العوامة إلى المكربنين. أما الوقود الفائض فيرجع إلى غرفة العوامة من خلال أنبوب الإرجاع. وبهذا الأسلوب يتم تركيب أكثر من مكربنين فى محرك.



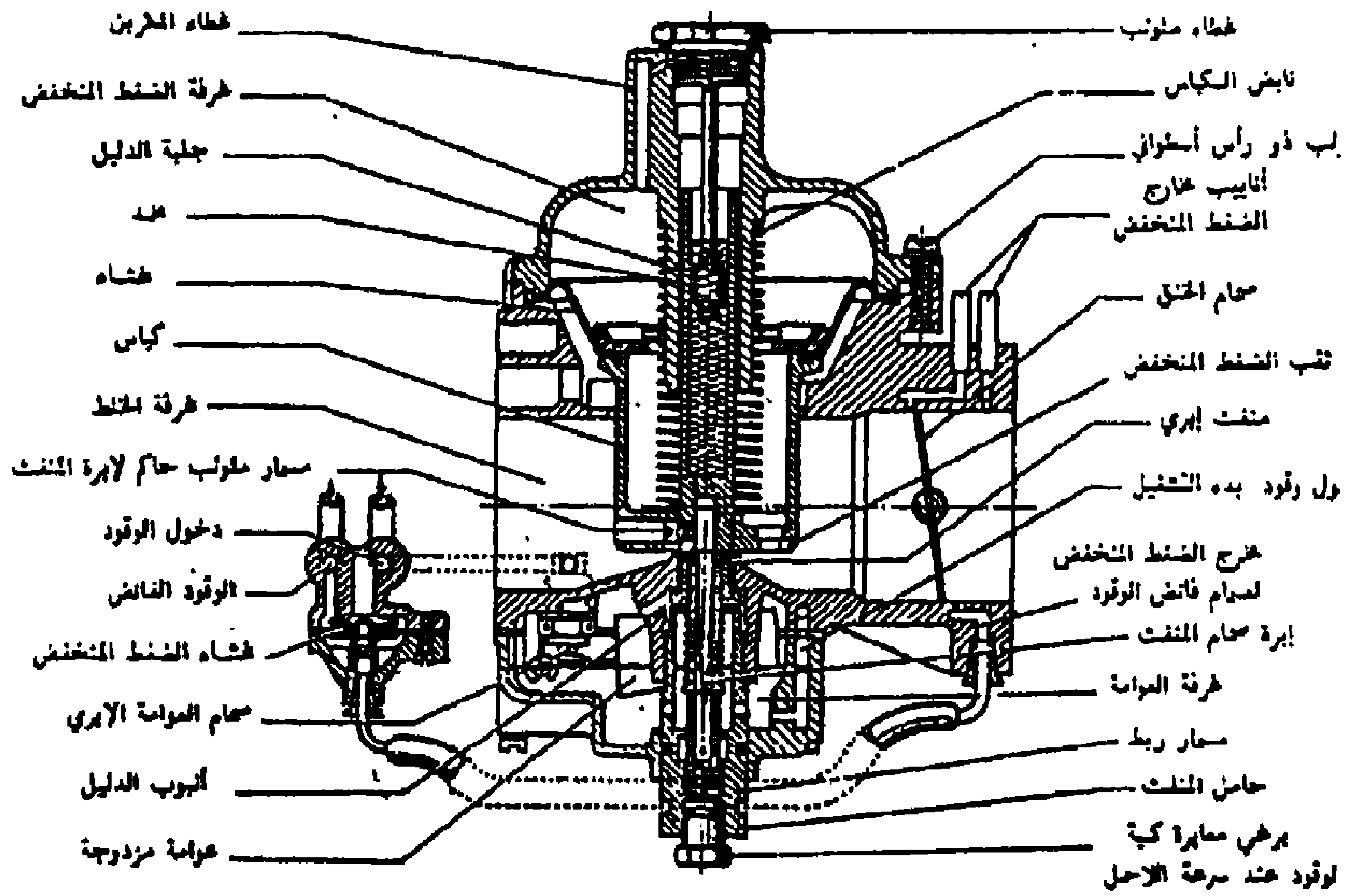
شكل (3-46) يوضح المكربن ذو أنبوب الفائض

المكربن ذو الضغط الثابت (مكربن شنزومبرج):

المكربن ذو الضغط الثابت (مكربن شترومبرج) شكل (46-3) هو عبارة عن مجموعة مؤتلفة من مكربن ذى صمام خلق. وينحصر اختلافه عن المكربن ذى المنزلق بالدرجات النارية، فى أن الضغط المنخفض السائد فيه عند خروج مخرج الوقود، يكان يكون ثابتاً فى جميع حالات التشغيل.

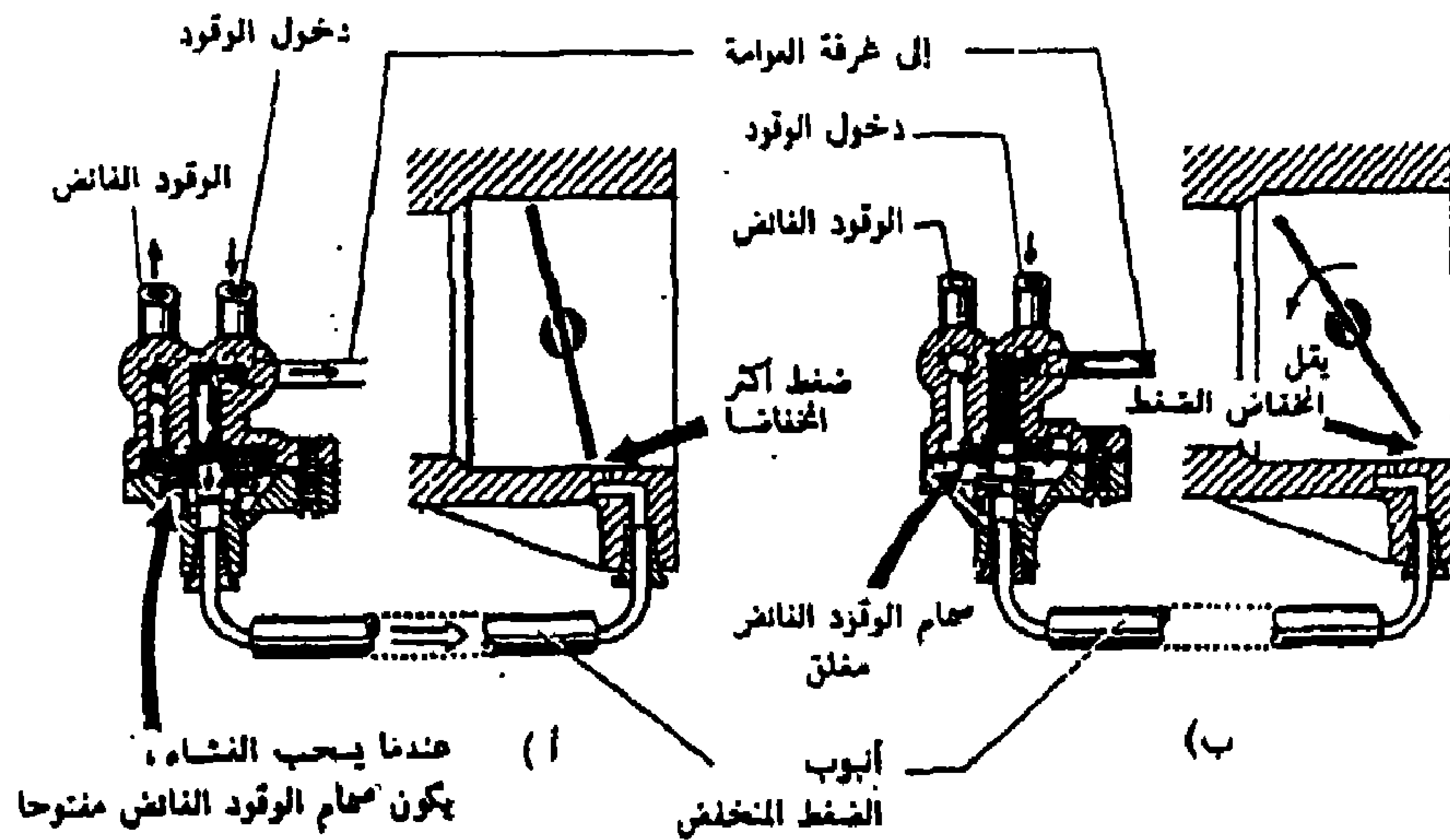
توجد تجهيز العوامة فى قاع المكربن وتتكون من عوامتين وصمام عوام أبرى، ومهمتهما المحافظة على مستوى الوقود ثابتة بالمكربن. كما يثبت الوقود الفائض شكل (54-3) فى أنبوب تغذية الوقود الموصل إلى غرفة العوامة. ويتم التحكم فى هذا الصمام بواسطة الضغط المنخفض الناشئ فى أنبوب السحب بالقرب من صمام الخنق. وبذا تتم تغذية المكربن بوقود بارد بعض الشئ دائما، كما يمنع بذلك تكون فقاعات بخار الوقود فى المكربن، وفى أنابيب تغذيةِ الوقود، وتتم تهوية غرفة العوامة من الخارج عند سرعة اللاحمل، وفى حالة عدم تشغيل المحرك. أما عند التشغيل بحمل معين فيتولى صمام الضغط المنخفض تحويل التهوية من تهوية خارجية إلى تهوية داخلية. وبذلك يضمن ترشيح الهواء الداخل لغرفة العوامة أثناء التشغيل. وعند تحويل التهوية للخارج يتم التخلص من أبخرة الوقود المتجمعة فى غرفة العوامة والمتكونة نتيجة لدرجات الحرارة العالية فيها، إذا أن هذه تؤثر على انتظام بدء التشغيل عند تشغيل المحرك الساخن بسرعة اللاحمل.

وتحتوى تجهيزه بدء تشغيل هذا النوع من المكربنات على صمام منزلق دورانى، يعمل بواسطة شد وصلة بدء التشغيل، ويقوم كباس بمنع اغناء الخليط أى ارتفاع نسبة الوقود فيه عقب بدء تشغيل المحرك، ويتم التحكم فى هذا الكباس بالضغط المنخفض.



شكل (3-46) يوضح رسم تخطيطى لمقطع بمكربن ذى ضغط ثابت (مكربن شترومبرج)

هذا المكربن غير مزود بتجهيزه خاصة لسرعة اللاحمل وتتحدد نسب خليط سرعة من وضع صمام الخنق، ووضع الكباس الذى ينضغط إلى أسفل بواسطة نابض عند سرعة اللاحمل وكذلك من الإبرة المخروطية التى تتوسط المنفث الأبرى والتى تتحكم فى معدل تدفق الوقود ويتم التحكم فى زاوية فتح صمام الخنق وبالتالى فى سرعة المحرك عند سرعة اللاحمل بواسطة برغى معايرة سرعة اللاحمل أما معايرة خليط سرعة اللاحمل فتتم بواسطة ربط أو فك برغى معايرة وقود سرعة اللاحمل الموجود أسفل غرفة العوامة.



شكل (3-47) يوضح طريقة عمل الوقود الفائض

(أ) يكون انخفاض الضغط فى أنبوب الضغط المنخفض شديدا جدا، عندما يكون صمام الخنق مغلقا أو شبه مغلق، مما ينتج عنه شد الغشاء ضد ضغط النابض وبذلك يفتح الصمام ويسمح للوقود الفائض بالرجوع إلى الخزان.

(ب) بعد فتح صمام الخنق فتحة معينة، ينقطع تأثير الضغط المنخفض فى أنبوب المص (السحب) عند مخرج الضغط ويصبح الضغط المنخفض غير كاف للاستمرار فتح صمام الوقود الفائض فيغلق هذا الصمام، وبذلك يحصل المحرك على كمية كافية من الوقود حتى عند الأحمال الكبيرة.

1

الجزء الأول

محركات البنزين

4

الباب الرابع

حقن الوقود فى محركات البنزين

Fuel injection in petrol engines

تاريخ وتطور حقن البنزين:

إن تطور محركات أتو إلى محركات ذات قدرة، أكبر لحيز الشوط، وتـوفير أكثر فى استهلاكها النوعى للوقود، واحتواء أقل على العناصر الضارة بالصحة فـى غازات عادمها، قد أدى إلى زيادة المتطلبات الخاصة بنوعية التحكم فى معايرة الوقود (Fuel measuring control) وقد وجد أن هذه المتطلبات تصل إلى أفضل تحقيق لهـا باستخدام نظام حقن البنزين.

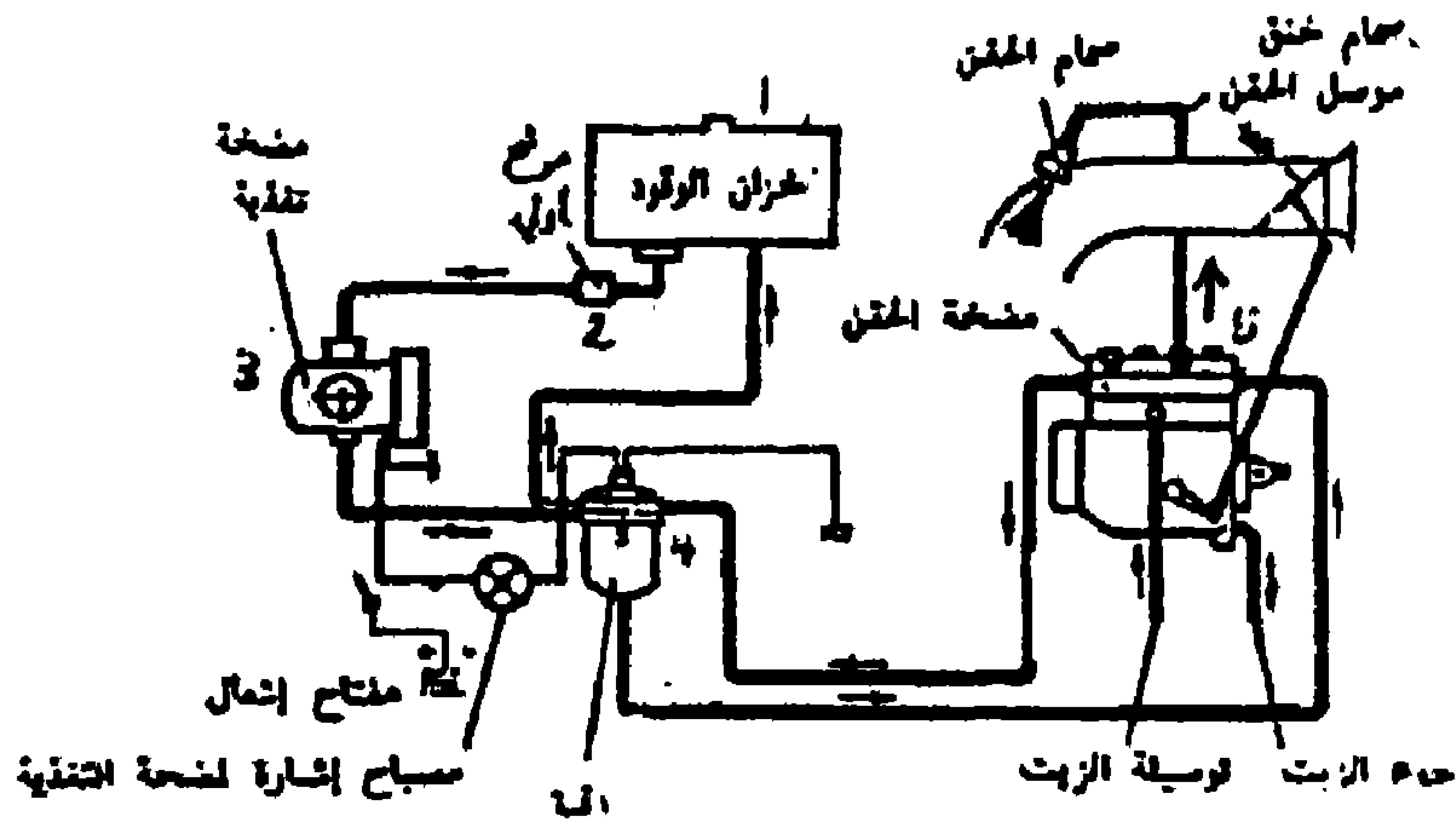
ولقد تطورت مضخة حقن البنزين من مضخة الحقن فى محركـات الـديزل واستعملت فى عام 1951 لأول مرة فى المحركات ثنائية الشوط من أجـل خفـض استهلاكها النوعى للوقود، وقد بدأ فى عام 1945 م بتزويد المحركات رباعية الأشواط بمضخات حقن البنزين، إلا أن ارتفاع تكاليف إنتاج هذه المـضخات ذات الكباسـات والمدارة ميكانيكيا، قد أدى إلى الحد من انتشار استخدامها وكانـت أول دورة لحقـن البنزين المنتجة تقدم بحقنة مباشرة فى غرفة الاحتراق، بينما تحقن الأنواع المستعملة حاليا البنزين فى أنبوب المص قبل صمام الدخول، وبذلك لا تكون هناك حاجـة إلـى ضغوط حقن عالية، ويمكن إتمام الحقن عند ضغوط حقن أقل، ويكون الفقد فى القدرة فى هذه الحالة صغير جدا.

ولقد طور حقن البنزين ليتم التحكم فيه الكترونيا لتخفيض نسبة المواد الضارة فى غازات العادم، ولقد ساعد التطور السريع فى مجال الالكترونيـات علـى ذلـك. وتتميز دورة حقن البنزين بالتحكم الالكترونى بانخفاض تكاليف إنتاجها مقارنة بتكاليف إنتاج مجموعة الحقن بتحكم ميكانيكى. ولقد تم تزويد محركـات سـيارات ركـوب الأشخاص بحقن بنزين بتحكم الكترونى لأول مرة فى عام 1967 م .

نظام حقن الوقود الميكانيكى فى محركات البنزين

تتم عملية حقن البنزين الميكانيكى كما هو موضح بالرسم التخطيطى بشكل 4-1 حيث يسحب الوقود من خلال الخزان بواسطة مضخة تغذية تدار كهربائيا، ويمـر من خلال مرشح أولى قبل دخوله إلى مضخة التغذية، ثم يدفع إلى مضخة الحقن مارا بمرشح دقيق شكل 4-1 حيث يتدفق الوقود فى عناصر الترشيح ذات الشكل النجمـى شكل 4-3 (أ) إلى الداخل باتجاه نصف قطرى، بينما يكون تدفقه فى عنصر ترشيح ذو شكل مستدير شكل 4-3 (ب،ج) فى اتجاه طولى.

تضغط مضخة حقن الوقود بضغط مرتفع يتراوح ما بين (18 bar – 15bar) وتدفعه فى أنابيب متساوية الطول ليصل إلى صمامات الحقن (الرشاشـات)، ويعـود الوقود الزائد عن الحاجة من خلال أنابيب رجوع الفائض عبـر موصـل الرجـوع بالمرشح الدقيق إلى خزان الوقود.



شكل 4-1

تتلخص وظيفة مضخة الحقن فى تزويد المحرك بكمية البنزين اللازمة فى كل ظروف التشغيل، يختص كل اسطوانة من اسطوانات المحرك وحدة حقن مستقلة، ويتم التحكم فى كمية البنزين المحقون وفقا لأحد النظامين التاليين:

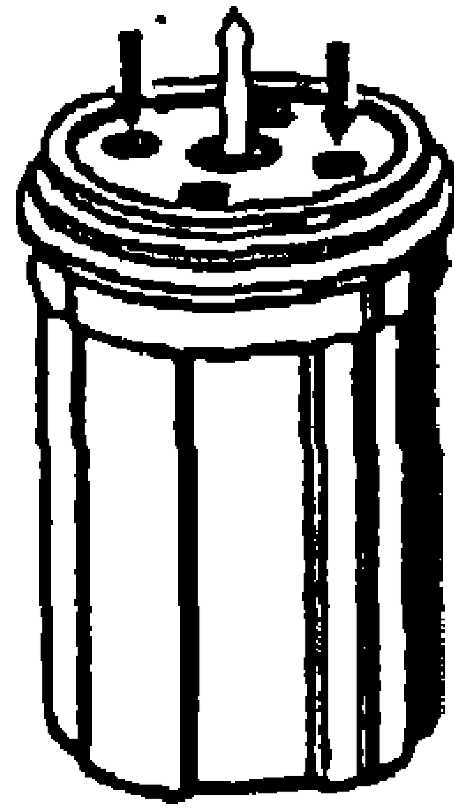
1- نظام بوش (Boasch System) :

ويتم فيه التحكم باستعمال حافة بالكباس مع بقاء شوط الكباس ثابتاً.

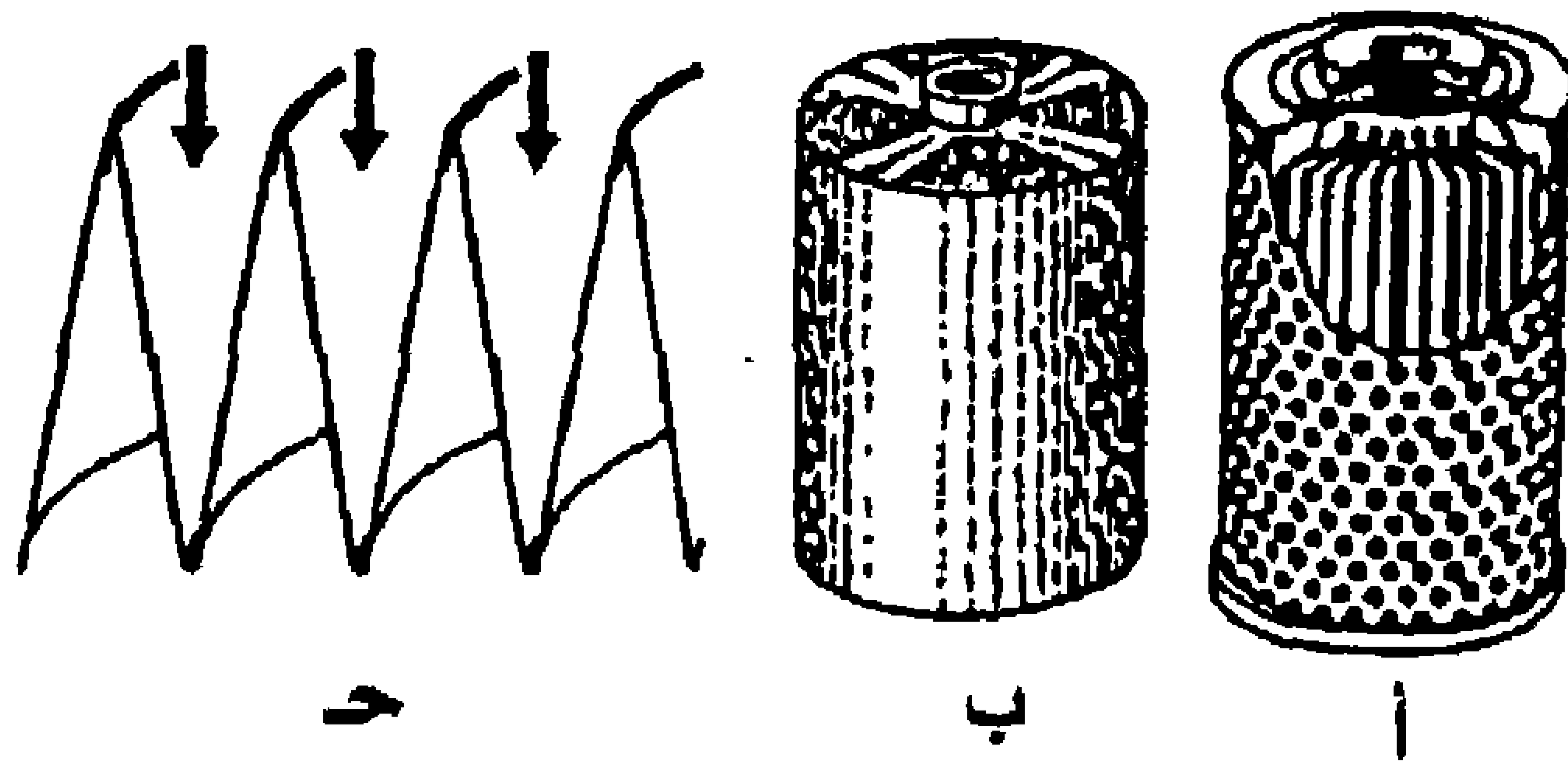
2- نظام كوجيل فيشر (Kugelfischer System):

ويتم فيه التحكم عن طريق تغيير طول الشوط.

تنتقل الحركة من المحرك إلى مضخات الوقود عن طريق سيور مسننة أو سلاسل أو بواسطة مجموعة تروس.



شكل 4-2
يوضح المرشح الدقيق



شكل 4-3

(أ) عنصر ترشيح نجمى الشكل.

(ب) عنصر الترشيح ذو شكل مستدير.

(جـ) عنصر ترشيح ذو شكل واتجاه طولى.

مضخة حقن البنزين طراز بوش (Boasch):

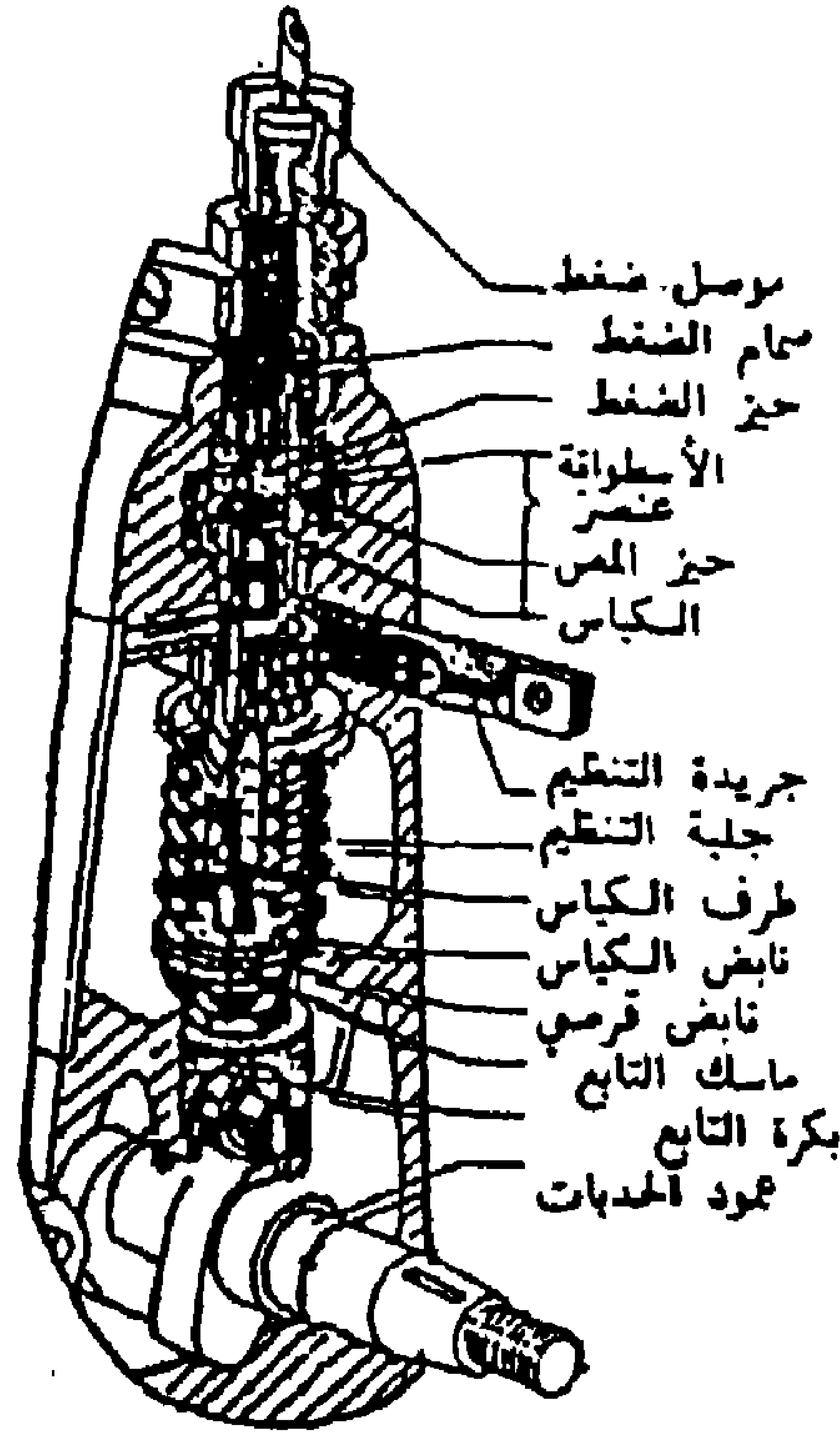
تعتبر مضخة حقن البنزين (بوش) من أكثر مضخات الحقن انتشارا، وذلــك لمميزاتها من حيث سرعة قطع الحقن، بالإضافة إلى أنها لا تحتاج إلى صمامات، بل تتحكم فى كمية الوقود من خلال صمام واحد فقط.

تتكون مضخة حقن البنزين طراز بوش الموضحة بــشكل 4-4 مــن مبيــت المضخة المصنوع من سبيكة الالكترون (سبيكة أساسها المغنسيوم)، ويكون عدد هذه الأجزاء مساو لعدد اسطوانات المحرك.

يحتوى الجزء الأيمن للمضخة، وهو جزء عناصر الضخ على عمود حــدبات وهو تابع الحدبة ذات البكرة وعناصر الضخ، وكذلك على جريــدة مــسننة (جريــدة تنظيم)، وقد ترتبت عناصر الضخ فى وضع متجاوز فى صفين لتحقيق قصر الطــول وخفة الوزن للمضخة.

أما الجزء الأيسر وهو الجزء التنظيمى، فهو يحتوى على أجهزة التــصحيح اللازمة لكل ظرف من ظروف التشغيل.

يبلغ الخلوص بين الكباس والاسطوانة (0.001 mm) ولذلك لا يمكن هنــاك ضرورة لتجهيزها بحشو خاص لمنع التسرب، يتصل الكباس بالأصبع الغماز التابع للمضخة، والذى يتدحرج على حدبة عمود الحدبات، وتثبــت الاســطوانة بمبيــت المضخة، حيث يتدفق الوقود إليها بصفة مستمرة وبطريقة دوامية من خلال ثقــب الدخول الذى يقع بغرفة الضغط.



شكل 4-4
يوضح حقن البنزين طراز بوش

طريقة عمل مضخة حقن البنزين (بوش):

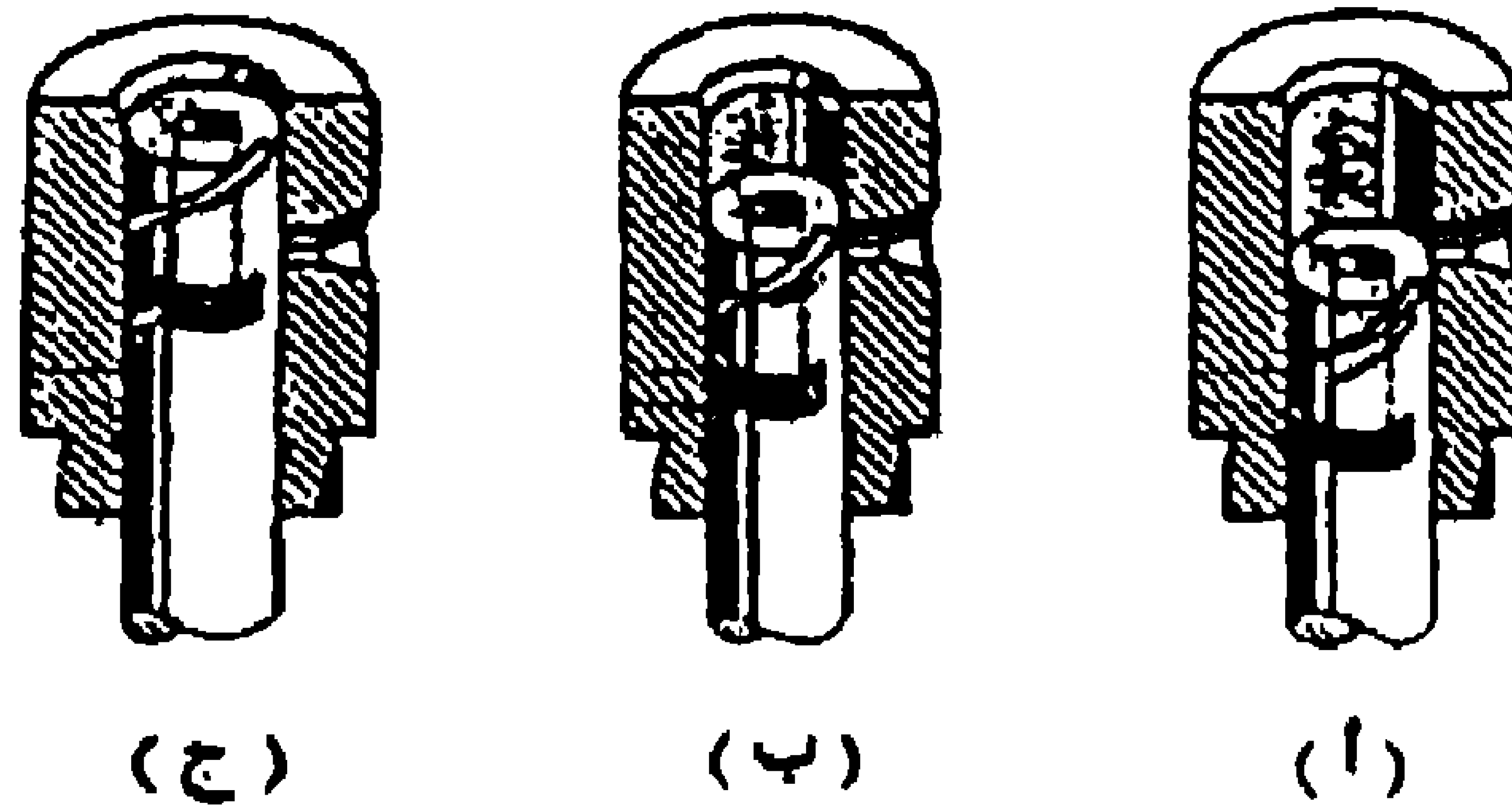
تؤدى الحركة الدورانية لعمود الحدبات إلى تحريك تابع الحدبة، وبالتالى رفع الكباس إلى أعلى، حيث ينضغط الوقود الموجود بغرفة الضغط، وينضغط نابض (ياي) الكباس مما ينتج عنه إعادة الكباس وتابع الحدبة إلى وضعها الأصلى السفلى.

يتم تشغيل الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) بطريقة غير مباشرة من خلال جلبة التنظيم، ويمكن تدوير الجلبة بإزاحة الجريدة المسننة، حيث تنتقل حركة.

عندما يتحرك كباس المضخة إلى أسفل إلى النقطة الميتة السفلى (B.D.C) كما هو موضح بشكل 4-9 (أ) ، يكشف الكباس ثقب الدخول ليتدفق الوقود إلى الاسطوانة شكل 4-9 (ب) ، وعندما يتحرك الكباس إلى أعلى تغلق حافة التحكم ثقب الدخول،

وتبدأ عندئذ ضغط الوقود لينتهى بوصوله الكباس إلى النقطة الميتـــة العليــا (T.D.C) شكل 4-4 (ج).

يظل شوط كباس المضخة ثابتاً، حيث يتحدد مقداره عن طريق ارتفاع الحدبة فقط، ويتم تنظيم كمية الوقود المحقون عن طريق إدارة كباس المضخة، ولتنظيم كمية الوقود المحقون تستعمل حافة تحكم مائلة (حلزونية)، وتعمل هذه الحافة على إغــلاق ثقب دخول الوقود مبكرا أو متأخرا حسب وضع الكباس، وبذلك يمكن تغييــر كميــة الوقود المحقونة لكل شوط.



شكل 4-5
يوضح كباس مضخة حقن الوقود بوش

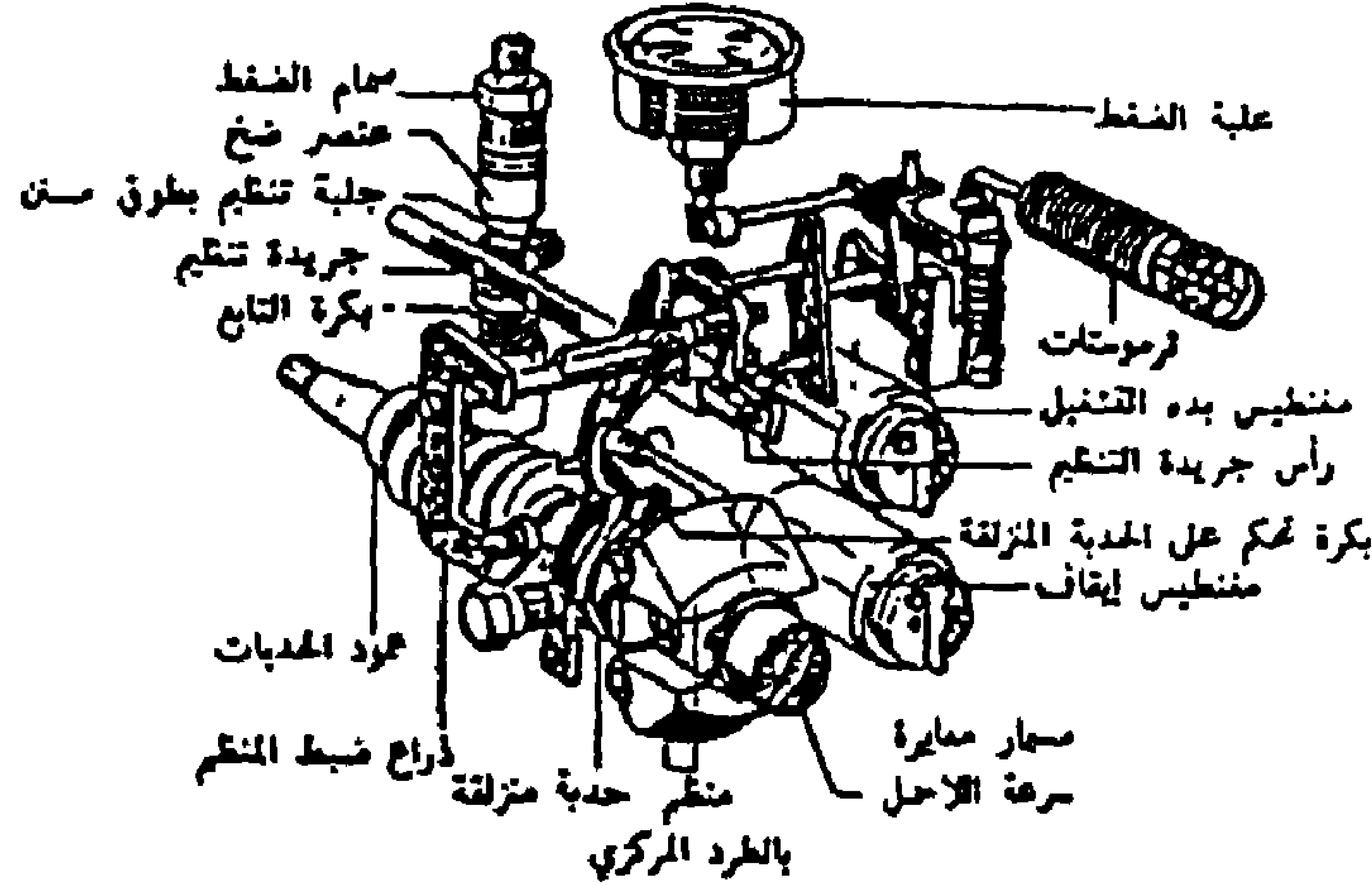
(أ) حركة الكباس إلى أسفل عند (B.D.C).
(ب)بدء تدفق الوقود فى حيز الاسطوانة.
(ج) حركة الكباس إلى أعلى تغذية (ضغط) الوقود لتنتهى بوصول الكباس عند (T.D.C).

يحتاج المحرك إلى كميات مختلفة من الوقود فى السرعات المختلفة أو عنــد تغيير السرعة، وذلك لتحضير خليط الوقود والهواء بالنسبة المحددة.

تجهيزه التنظيم والتصحيح

لتحقيق أفضل كمية للوقود المحقون عند كل ظروف التشغيل، و عنــد تغييــر ضغط الهواء، وظروف الجو يلزم تجهيزه للتنظيم مع تجهيزه أخرى للتصحيح شــكل

لتحديد حركة الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) بحيث يغذى المحرك بكمية الوقود المناسبة بالقدر الصحيح.



شكل 6-4
تجهيزة التنظيم والتصحيح

أجزاء تجهيزه التنظيم والتصحيح:

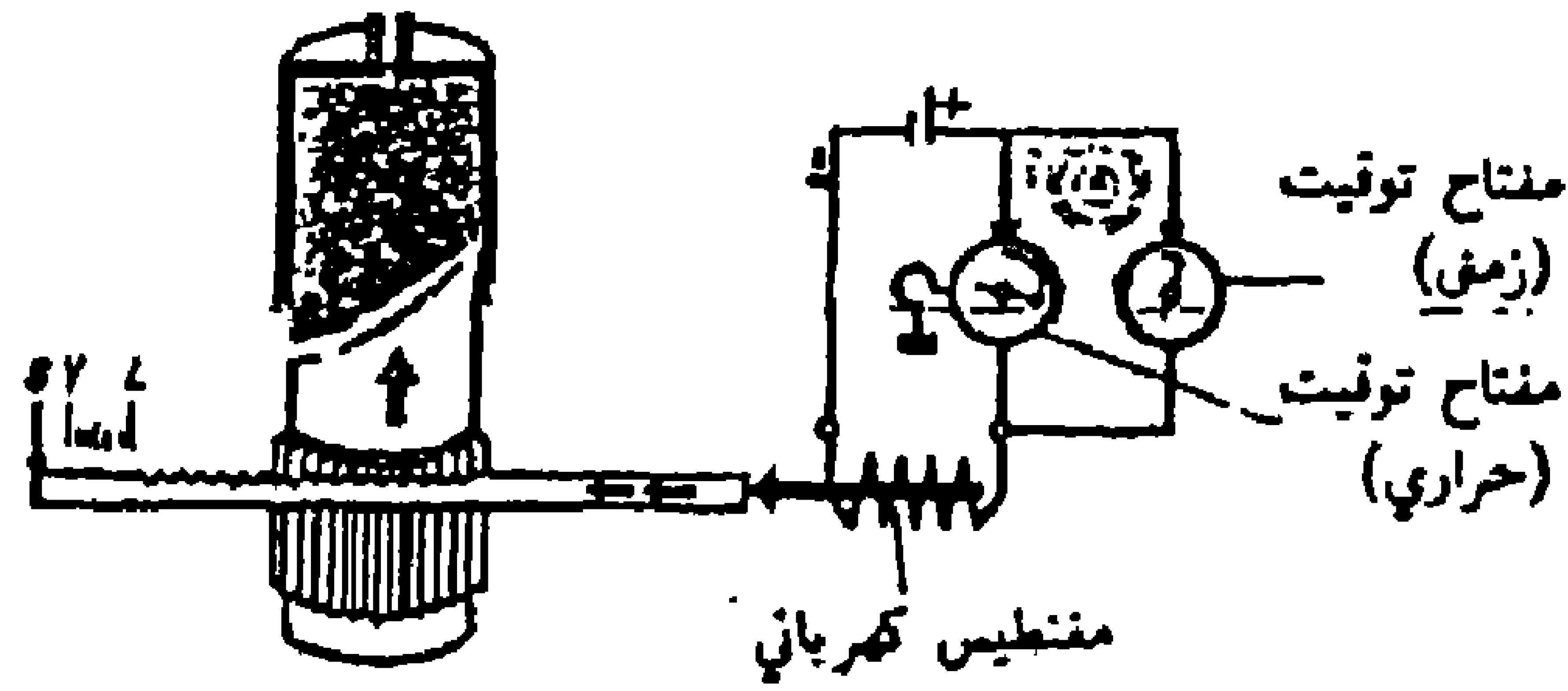
يعتبر أهم أجزاء تجهيزه التنظيم والتصحيح هى الآتى:

1- مغناطيس البدء:

تلزم كمية كبيرة من الوقود لبدء تشغيل المحرك، ويتولى مغناطيس البدء تقنيتها شكل 7-4 ، يثبت المغناطيس على مضخة الحقن، الذى يؤثر مباشرة على الجريدة المسننة (جريدة التنظيم).

يضغط المغناطيس عند بدء التشغيل على الجريدة المسننة إلى ما بعد وضع الحمل الكامل، وبذلك يدار كباس إلى وضع ضخ البدء، حيث يتولى مفتاح توقيت وصل دائرة التيار الخاص بتشغيل المغناطيس بدء الدوران، ويستخدم مفتاح توقيت حرارى فى التصميمات الحديثة للتحكم فى تجهيزه بدء التشغيل الإضافى.

يستمر حقن الوقود الإضافى فى أنبوب السحب أثناء بدء التشغيل، حتى تصل درجة الحرارة إلى 45°C .



شكل 7-4
مغناطيس البدء

- وضع الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) فى حالة الأحمال عند L
- وضع الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) فى حالة الحمل الكامل عند V
- وضع الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) فى حالة بدء التشغيل عند S

تتكون الدائرة الكهربائية لمغناطيس البدء من مغناطيس كهربائى ومفتاحين متصلين على التوازى، هما مفتاح التوقيت الزمنى ومفتاح التوقيت الحرارى.

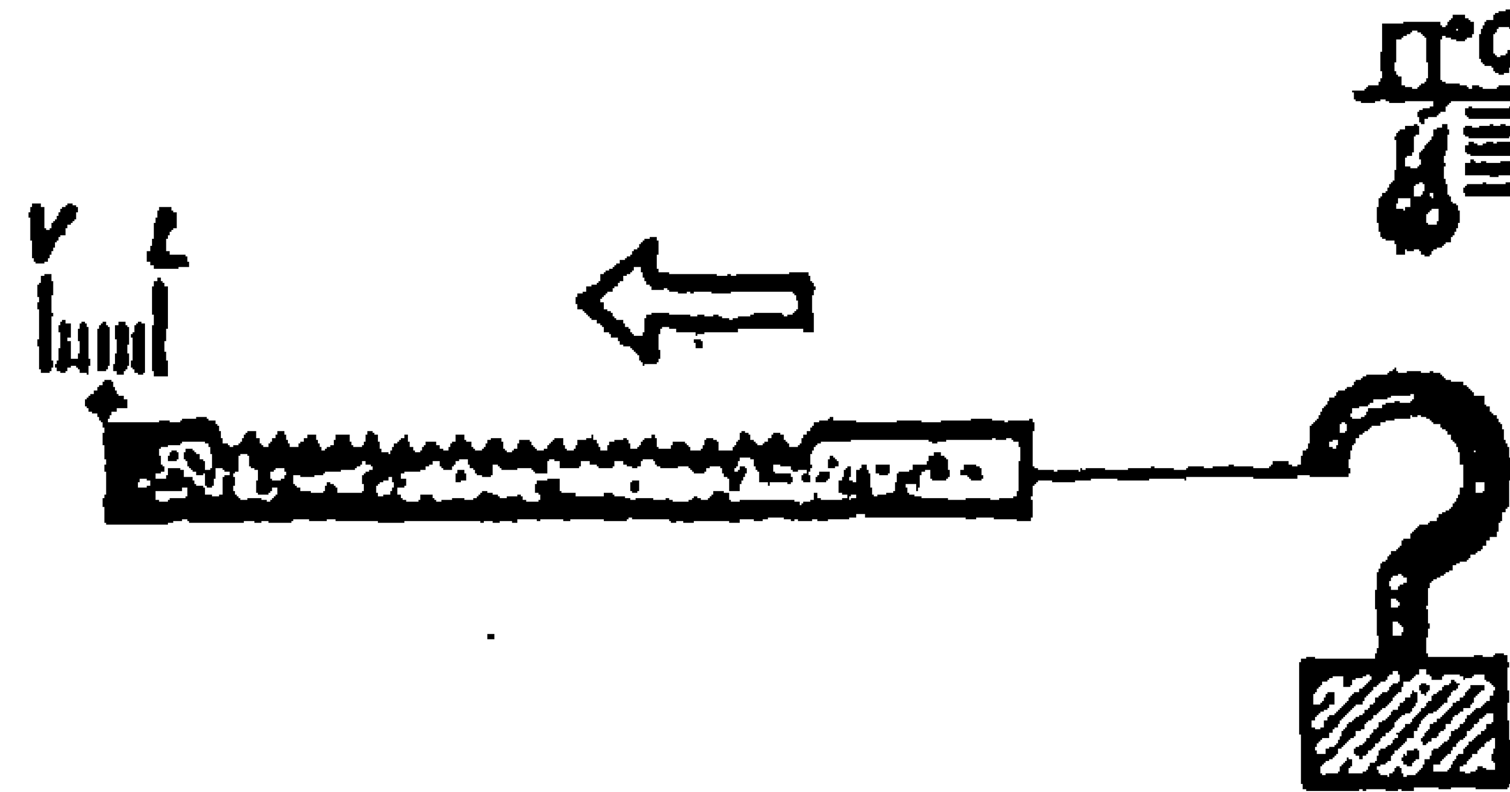
عند كل عملية بدء تشغيل، يسمح مفتاح التوقيت بمرور التيار الكهربائى لفترة تبلغ حوالى ثانيتين، فيأخذ كباس المضخة أثناء هذا الزمن وضع ضخ (تغذية) البدء، بغض النظر عن درجة حرارة الجو الخارجى، ويسمح مفتاح التوقيت الحرارى بتوصيل التيار إلى الدائرة الكهربائية لفترة أطول التى يتوقف مداها على درجة الحرارة الخارجية، وينحصر ذلك فى نطاق درجات الحرارة دون 10°C إلى 15°C ، ويعمل مفتاح التوقيت الحرارة بتأثير ثنائى المعدن.

2- منظم حرارى **thermostat**:

يستمر حقن وقود الإضافى فى المحرك طالما كانت درجة حرارته أقل من درجة حرارة التشغيل، حيث يتولى المنظم الحرارى الموضح بالرسم التخطيطى 4-8 الذى يتكون من عنصر يعمل بالتمدد الحرارى، تنظيم عملية حقن الوقود الإضافى، وتنتقل حركة عنصر التمدد الحرارى عن طريق رافعة إلى تجهيزه تصحيح نسبة

الوقود ومنها إلى الجريدة المسننة (جريدة التنظيم).

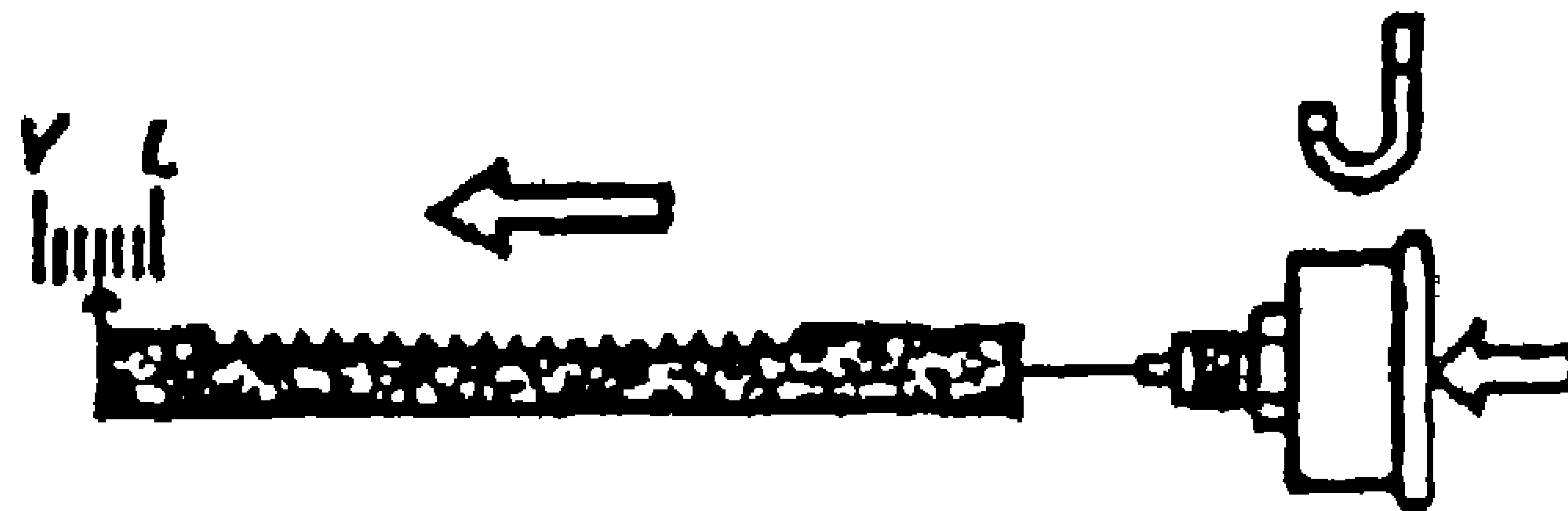
يسحب المنظم الحرارى جريدة التنظيم قليلا فى اتجاه وضع الحمل الكامل عندما يكون المحرك باردا، وبهذا يتلقى المحرك خليطا غنيا مقننا بكل مدقة، وينخفض اغتناء الخليط كلما ارتفعت درجة الحرارة، ويتلاشى تأثير المنظم الحرارى على جريدة التنظيم عندما ترتفع درجة حرارة المحرك عند حد معين.



شكل 4-8
المنظم الحرارى

3- علبة الضغط:

يسحب المحرك عند وجود ضغط جوى مرتفع كمية هواء أكبر من تلك التى يسحبها وهو فى ضغط جوى منخفض، مثل الذى يسود فى المناطق شديدة الارتفاع، لذلك يجب زيادة كمية الوقود المحقون عند الضغط الجوى المرتفع لتحقيق النسبة المطلوبة من الوقود إلى الهواء يتم هذا التصحيح من خلال علبة الضغط الموضحة بالرسم التخطيطى بشكل 4-9 .

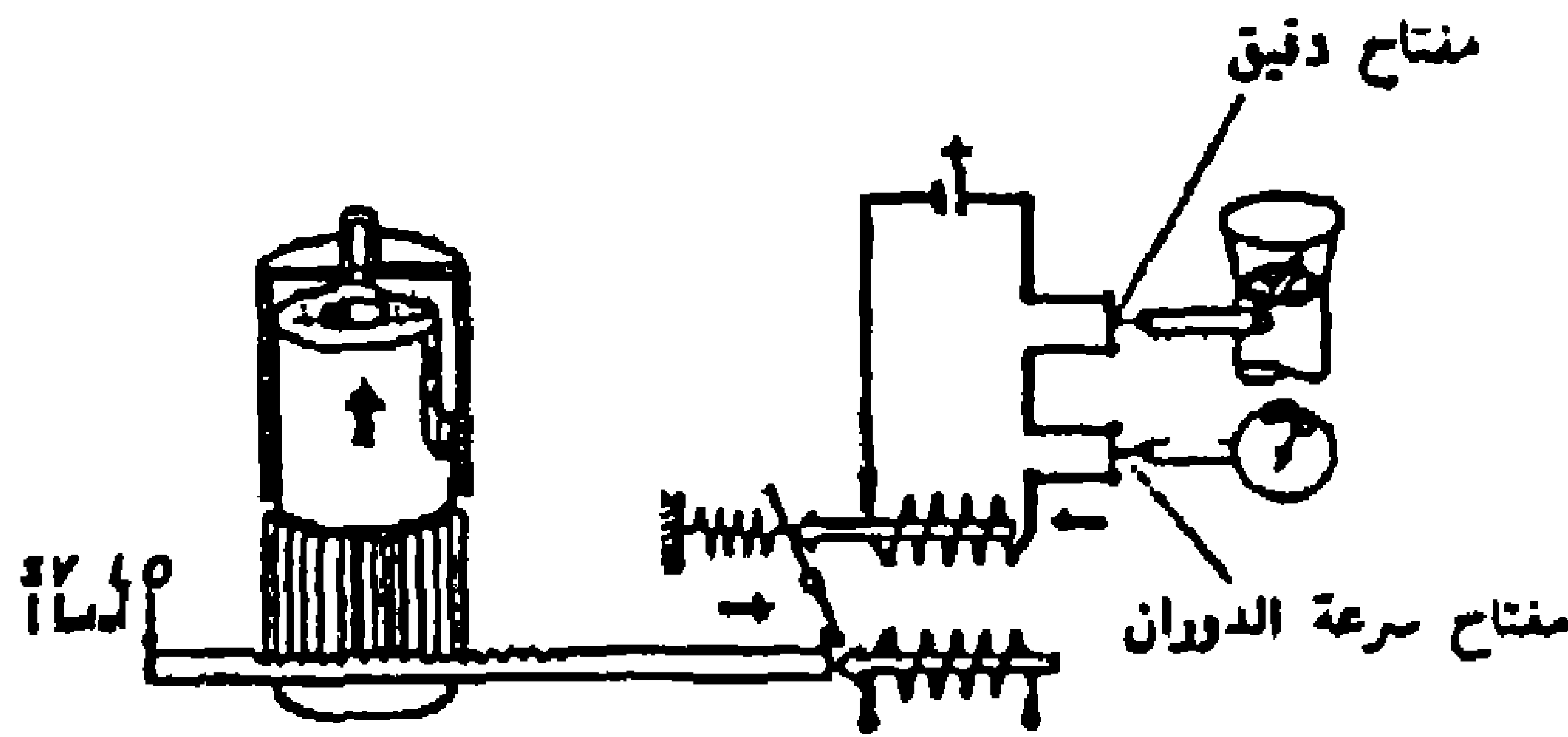


شكل 4-9
علبة الضغط

تعمل علبة الضغط تبعا لنظرية عمل البارومتر المعدنى، حيث تنتقل حركـة الغشاء عن طريق اصبع إلى الرافعة آلية (تجهيزه الصحيح). وبذلك ترتفع كمية الوقود المحقون بزيادة الضغط وتنخفض بانخفاضه وتعتبر علبة الضغط جهازا حساسا.

4- مغناطيس الإيقاف:

يتلقى المحرك ذو المكربن وقودا بصفة دائمة أثناء التشغيل، حتى لو لم يكـن فى حاجة إليه (يتضح هذا بصفة خاصة فى حالة تدحرج السيارة)، حيث يدار محرك السيارة المتدحرجة، وتكون وظيفة مغناطيس. الإيقاف الموضح بالرسم التخطيطى بشكل 4-10 فى المحركات التى تعمل بحقن الوقود هى وضع جريدة التنظـيم فـى وضـع اللاتغذية (فى حالة تدحرج السيارة)، وبذلك لا يتلقى المحرك أى وقود، وكذلك يعمـل مغناطيس الإيقاف على تغذية المحرك بالوقود بمجرد انخفاض سرعته عن حد معين، وإلا توقف المحرك بعدِ فصل القابض.



شكل 4-10
مغناطيس الإيقاف

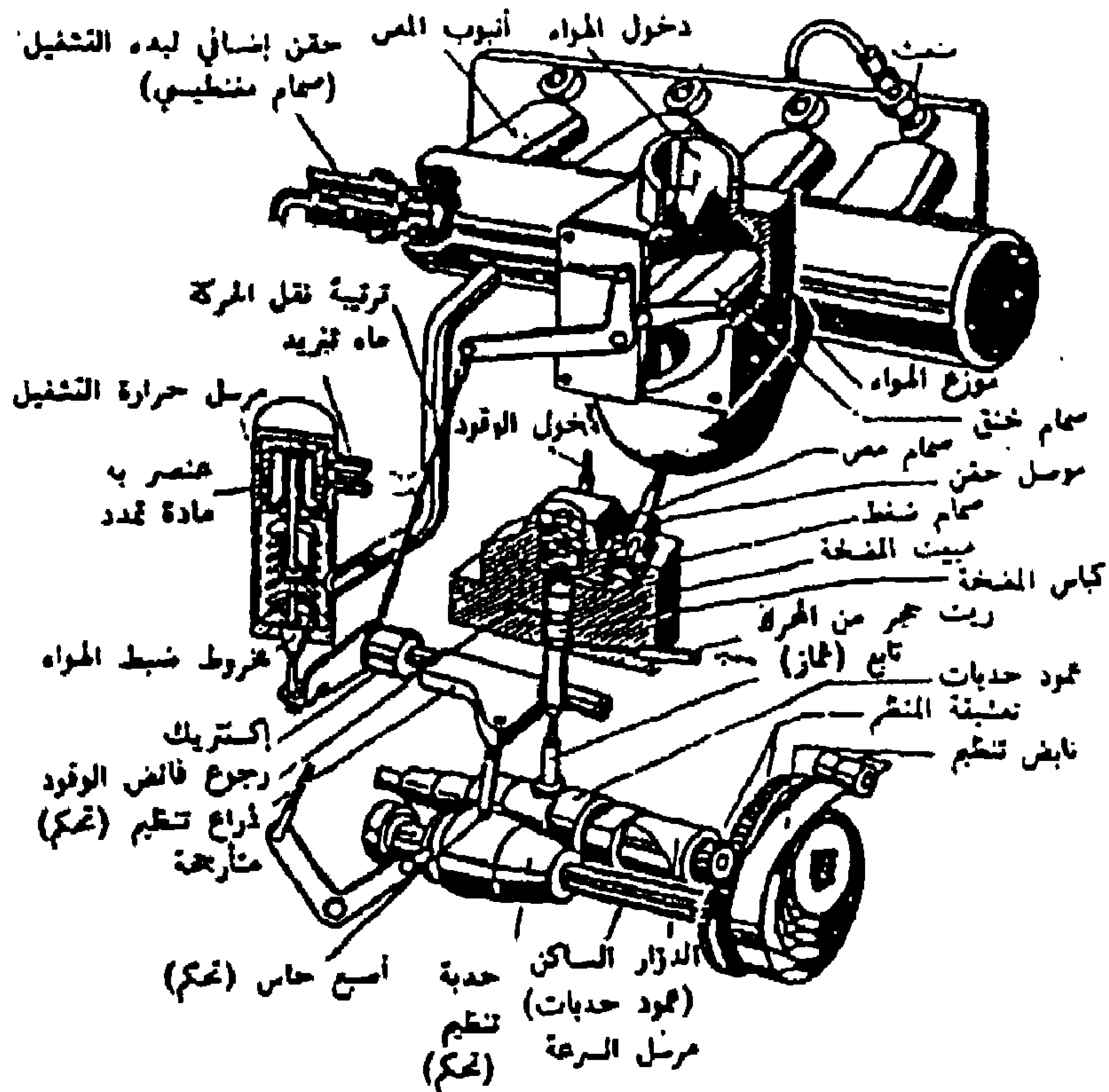
يوصل المفتاح الدقيق دائرة تيار كهربائى يوجد بها مغناطيس إيقاف، وذلـك عندما يكون صمام الخنق مغلقا، ويجذب المغناطي جريدة التنظيم إلى وضع الصفر أى وضع اللاتغذية.

ويتم تشغيل المفتاح الدقيق المثبت فى أنبوب السحب عن طريق ضخ الوقود، ويفصل المفتاح الكهربائى الخاص بسرعة الدوران دائرة التيـار الكهربـائى عنـدما

تنخفض سرعة المحرك إلى أقل من r.p.m 1300 ، ويعود مغناطيس الإيقاف إلى وضعه الأصلى وتصبح جريدة التنظيم حرة، ويوصل مفتاح سرعة الدوران دائرة التيار مرة أخرى عند زيادة سرعة المحرك عن 1500 r.p.m عند التعجيل.

مضخة حقن البنزين طراز كوجل فيشر Kugelfischer:

تعمل مضخة حقن البنزين طراز كوجل فيشر الموضحة بالرسم التخطيطى بشكل 4-11 بنظرية التحكم (التنظيم) فى شوط الكباس وتوجد تجهيزات تنظيم خاصة لمطابقة كمية الوقود المحقون مع متطلبات بدء التشغيل وأثناء دوران المحرك وهو ساخن.



شكل 4-11
مضخة حقن البنزين طراز كوجل فيشر

يمكن إزاحة حدبة التنظيم (التحكم) بواسطة دفع الوقود فى اتجاه طولى، كمـــا يمكن دورانها تبعاً لسرعة المحرك.

وينتقل الإصبع الحساس (إصبع التحكم) حركة الحدبـــة إلـــى ذراع التنظـــيم المتأرجحة عن طريق عمود الحدبات (لامركزى)، وتغيير حركة ذراع التنظيم طـــول شوط الكباس، وبالتالى تغيير كمية الوقود المحقون، ويرتفع الكباس بواسطة تابع الحدبة إلى أعلى نتيجة حركة عمود الحدبات، أما نابض (ياي) الكباس فيعمل علـــى ضـــغط الكباس إلى أسفل ضد ذراع التنظيم المتأرجح، ويتولى نابض (الياي) التـــابع للحدبـــة الضغط على الحدبة، ويقوم حساس حرارة التشغيل بإدارة ذراع التنظيم عـــن طريـــق الحدبة عند درجات الحرارة المنخفضة للمحرك لكى يتيح حقنا إضـــافيا للوقـــود فـــى اسطوانات المحرك.

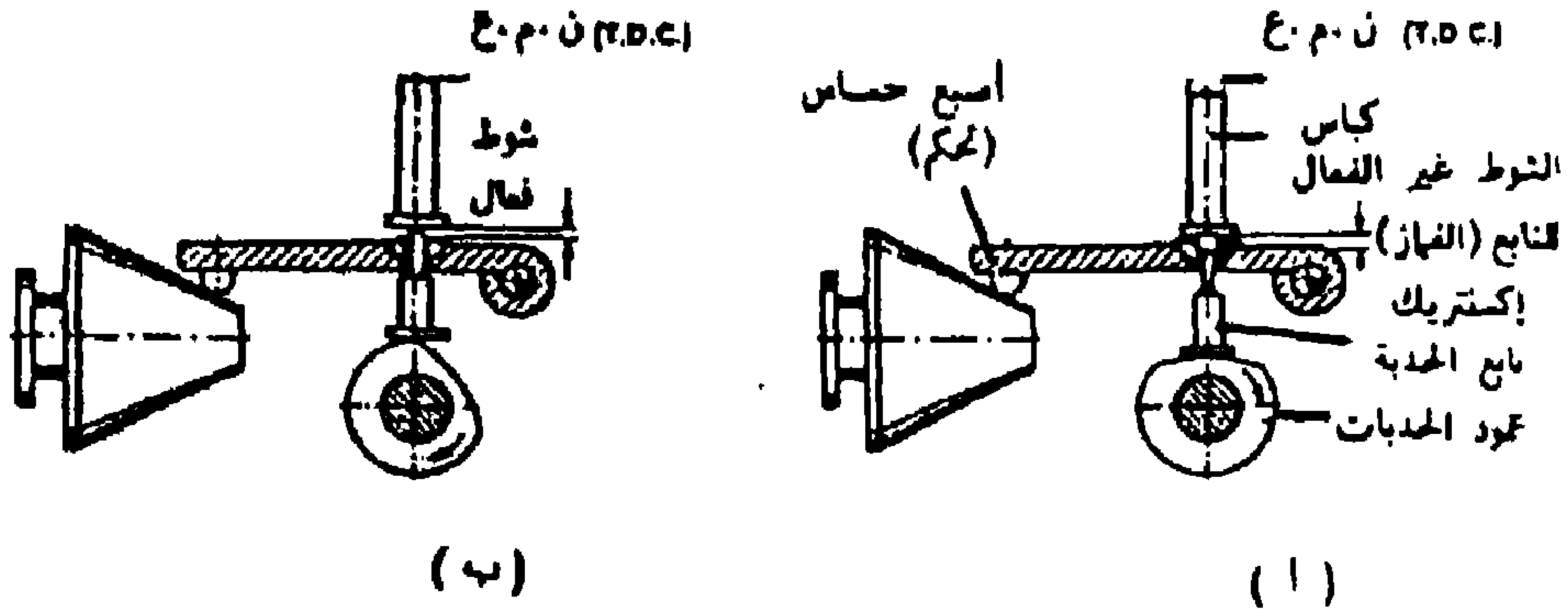
تنظيم كمية الوقود المحقون:

يدخل الوقود إلى اسطوانة مضخة الحقن من أعلى عبر صمام السحب، ويعمل هذا الصمام على منع الوقود من الرجوع إلى مجمع (حيز السحب) أثناء شوط التغذية. وبعد الانتهاء من هذا الشوط يقوم صمام التغذية (الضغط) الذى يوجـــد فـــى أعلـــى الاسطوانة بغلق أنبوب الضغط، ويمنع بذلك رجوع الوقود إلى غرفة الضغط المرتفع.

يستقر الكباس فى الوضع الأسفل على قاعدة كروية موجودة فى ذراع التنظيم المتأرجح الموضح بالرسم التخطيطى بشكل 12-4 ، وترتفع ذراع التنظيم المتأرجحـــة إلى أعلى أو تنخفض إلى أسفل نتيجة لدوران حدبة التنظيم أو لحركة محورها، والتى تدفع إصبع حساس مثبت بذراع التنظيم المتارجح، ويتم بذلك تغيير وضع النقطة الميتة السفلى (B.D.C) للكباس، أما وضع النقطة الميتة العليا (T.D.C) فتظل ثابتة، ويتحـــدد تبعا لارتفاع حدبة التنظيم (التحكم).

- وكلما ارتفع وضع (B.D.C) للكباس، كلما صـــغر شـــوط التغذيـــة وبالتـــالى انخفضت كمية الوقود المحقونة أيضا.

ويظل شوط تابع الحدبة الذى يناظر ارتفاع الحدبة ثابتا، إلا أن التغذية تبدأ فقط عندما يبدأ التابع (الغماز) فى رفع الكباس الساكن على ذراع التنظيم المتأرجح.



شكل 12-4

رسم تخطيطى لطريقة تنظيم كمية الوقود المحقونة

تنظيم كمية الوقود المحقون:

يدخل الوقود إلى اسطوانة مضخة الحقن من أعلى عبر صمام السحب، ويعمل هذا الصمام على منع الوقود من الرجوع إلى مجمع (حيز السحب) أثناء شوط التغذية. وبعد الانتهاء من هذا الشوط يقوم صمام التغذية (الضغط) الذى يوجد فى أعلى الاسطوانة بغلق أنبوب الضغط، ويمنع بذلك رجوع الوقود إلى غرفة الضغط المرتفع.

يستقر الكباس فى الوضع الأسفل على قاعدة كروية موجودة فى ذراع التنظيم المتأرجح الموضح بالرسم التخطيطى بشكل 12-4 ، وترتفع ذراع التنظيم المتأرجحة إلى أعلى أو تنخفض إلى أسفل نتيجة لدوران حدبة التنظيم أو لحركة محورها، والتى تدفع إصبع حساس مثبت بذراع التنظيم المتأرجح، ويتم بذلك تغيير وضع النقطة الميتة السفلى (B.D.C) للكباس، أما وضع النقطة الميتة العليا (T.D.C) فتظل ثابتة، ويتحدد تبعا لارتفاع حدبة التنظيم (التحكم).

وكلما ارتفع وضع (B.D.C) للكباس، كلما صغر شوط التغذية وبالتالى انخفضت كمية الوقود المحقونة أيضا.

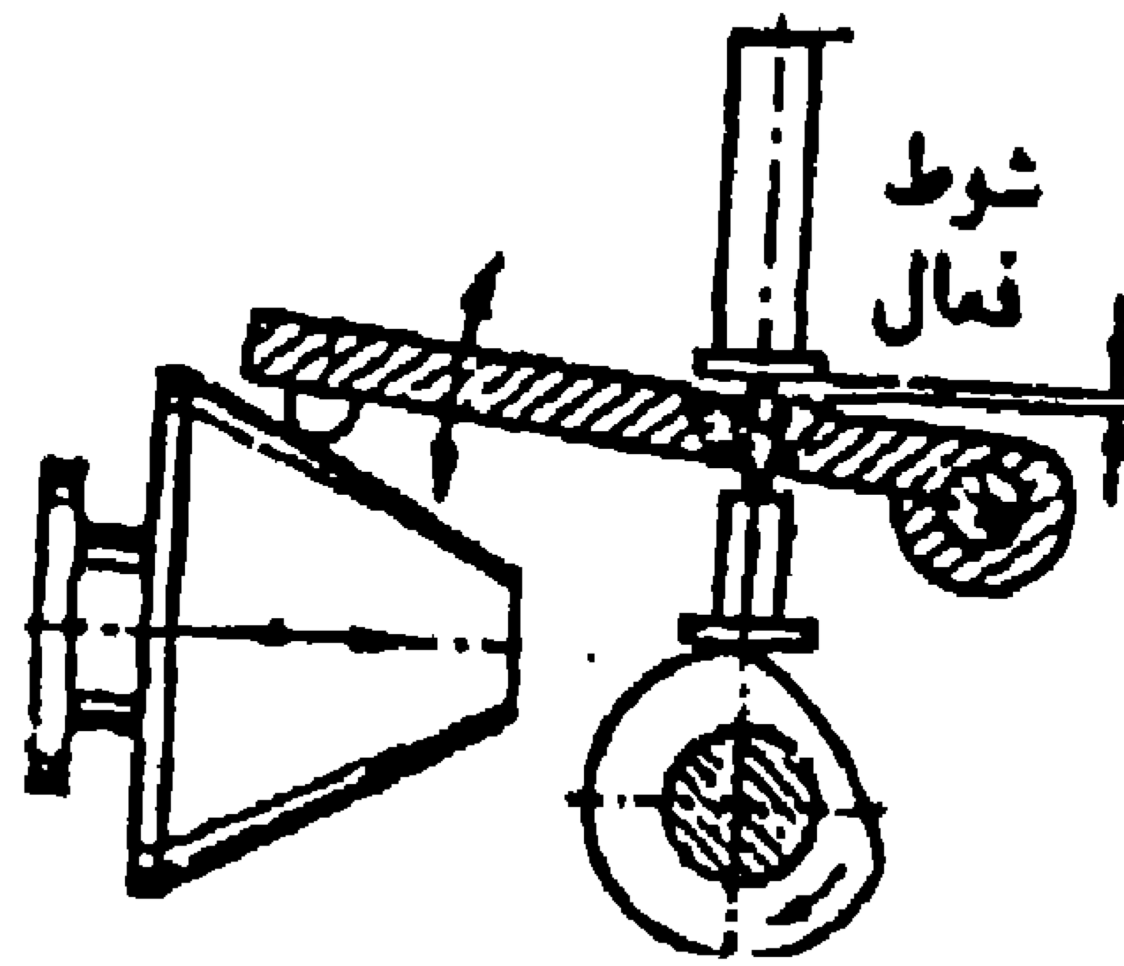
ويظل شوط تابع الحدبة الذى يناظر ارتفاع الحدبة ثابتا، إلا أن التغذية تبدأ فقط عندما يبدأ التابع (الغماز) فى رفع الكباس الساكن على ذراع التنظيم المتأرجح.

(أ) الشوط الغير فعال: حيث يكون إصبع التحكم (الإصبع الحساس) عند أدنى نقطة لحدبة التنظيم (التحكم)، ويكون تابع الحدبة عند وضع B.D.C ، وعند دوران عمود الحدبة يتحرك تابع الحدبة إلى أعلى حتى يلامس الكباس، ولا تبدأ تغذية الوقود إلا بعد الانتهاء من الشوط الغير فعال المذكور.

(ب) نهاية التغذية: يكون تابع الحدبة عند أعلى رفع للحدبة، أما الكباس فيكون عند T.D.C ، ويعرف شوط التغذية بالشوط الفعال أو الشوط المستفاد منه بمسافة تحرك الكباس من نقطة ارتفاعه عن ذراع التنظيم المتأرجح حتى الوصول إلى T.D.C .

تنظيم كمية الوقود المحقونة عن طريق ضبط الشوط:

يتحدد تنظيم كمية الوقود المحقونة عن طريق ضبط الشوط كما هو موضح بالرسم التخطيطى بشكل 13-4 تبعا لتحميل المحرك أو سرعة دورانه، ولكى يتم تنظيم كمية الوقود المحقون عند تغيير الحمل، تزاح حدبة التنظيم فى اتجاه طولى بواسطة ذراع ضبط المضخة المتصل بصمام الخنق، أما تنظيم كمية الوقود فيكون تبعا سرعة المحرك، حيث يتم دوران حدبة التنظيم تلقائيا بواسطة محدد السرعة.



شكل 13-4
تنظيم كمية الوقود المحقون عن طريق ضبط الشوط

ترتفع ذراع التنظيم المتأرجحة عند إزاحتها محوريا، وبذلك لا يستطيع الكباس التحرك إلى اسفل أكثر من هذه الحدود، مما يتبعه انخفاض كمية الوقود المغذى.

محدد السرعة:

يتركب محدد السرعة من اسطوانة مجوفة تدار من عمود حدبات مضخة الحقن، ومن مغناطيس دائم محمل داخل الاسطوانة المجوفة بعزم متناسب مع السرعة، وينقل هذا العزم من محور المغناطيس إلى نابض حلزونى، وبذلك تتحقق حالة الاتزان بين العزم الناشئ والعزم المضاد للنابض عند كل سرعة دوران، ونفس الوقت يدار عمود التنظيم (التحكم) بحدبة التنظيم من خلال مجموعة تخفيض السرعة. وتتناظر حدبة التنظيم المنزلقة من حيث المبدأ. ويحدد منحنى استهلاك الوقود شكل الحدبة المنزلقة (المجسمة). ويجب تصميم حدبة التنظيم لكل نوع من المركبات على حدة. ولذلك لا يمكن استبدال مضخات الحقن للمحركات الخاصة بأنواع المركبات المختلفة.

تجهيزه حقن الوقود الإضافى:

يمكن تغذية كمية الوقود الإضافية المحقونة عند بدأ تشغيل المحرك البارد بواسطة دوران الحدبة المحمل عليها ذراع التنظيم المتأرجحة، ويمكن دوران الحدبة بواسطة سلك شد (شداد) على سبيل المثال. وعند ذلك تتحرك ذراع التنظيم المتأرجحة إلى أسفل، بشكل أكبر، وبحيث يكبر شوط الكباس عن قيمته عند التغذية العادية للحمل الكامل.

وفى تصميمات أخرى لمضخة الحقن، يتم حقن الوقود الإضافى اللازم لبدء تشغيل المحرك البارد فى أنبوب المص مباشرة من خلال صمام مغناطيسى يفتح تلقائيا عند تشغيل بادئ دوران المحرك.

أما عملية تنظيم كمية الوقود المحقون عندما تصل درجة حرارة المحرك إلى درجة حرارة التشغيل، فإنها تتم من خلال حدبة أيضا. ويتحقق ذلك بواسطة عنصر تمدد حرارى (يحتوى على مادة تمدد حرارى) يتغير حجمه تبعا لدرجة حرارة مياه

التبريد. ويفتح عنصر التمدد الحرارى فى نفس الوقت مخروط ضبط الهواء، وبذلك يدخل هواء ووقود زائدان إلى المحرك.

نظام حقن الوقود الالكترونى فى محركات البنزين

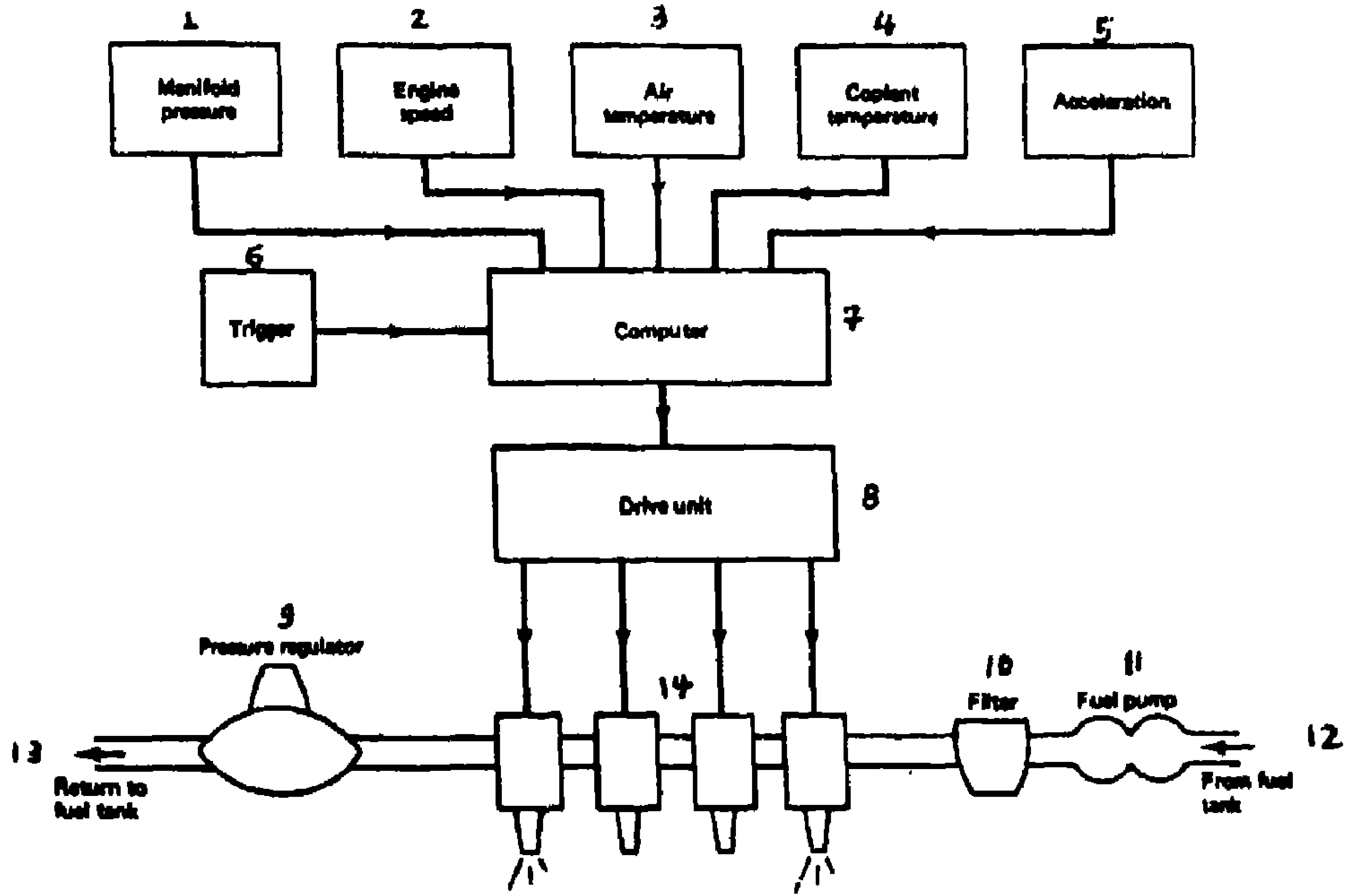
الهدف من حقن الوقود هو الحصول على أكبر قدرة خارجة من المحرك، حيث انخفاض الضغط فى المكربن يؤثر على الكفاءة الحجمية للمحرك وبالتالى إلى انخفاض القدرة الخارجية، ويمكن تجنب مشاكل التوازن للمكربنات المتعددة فى محرك واحد، ومحاولة الحصول على توزيع متساوى فى مجرى دخول هواء السحب وتجنبها باستخدام نظام الحقن.

استخدام بالماضى القريب أنظمة الحقن الميكانيكية، وتطورت مع مرور الزمن وأصبحت الكترونية، وقد تغلب على تركيب أعمدة الحدبات وتم تطورها وأصبحت تعمل بالنظام الالكترونى.

يتميز نظام حقن البنزين بالتحكم الالكترونى بأنه لا يحتاج إلى مضخة مدارة من المحرك، وهو بجانب ذلك رخيص الثمن لذلك فيعتبر هذا النظام مناسب للاستعمال فى المركبات المتوسطة المرتبة.

طريقة حقن البنزين بالتحكم الالكترونى:

يتم حقن الوقود بصورة متقطعة فى أنبوب السحب من خلال صمام حقن يعمل بالقوة المغناطيسية الكهربائية، حيث يصل الوقود إلى صمامات الحقن كلها (الرشاشات) بضغط ثابت، ويضبط توقيت لحظة فتح صمامات الحقن وزمن الحقن الكترونيا من خلال دوائر ترانزستور، وبذلك يمكن أخذ كميات التصحيح المطلوبة لكل ظرف من ظروف التشغيل المختلفة.



الشكل (4-14a)

مخطط عام لنظام حقن الوقود الالكترونى فى السيارات

1. محبس ضغط مجزى السحب
2. محبس السرعة الدورانية للمحرك
3. محبس درجة حرارة الهواء
4. محبس درجة حرارة سائل التبريد
5. مؤشر ضخ الوقود
6. مؤشر السحب
7. مؤشر السحب
7. حاسب
8. وحدة الإدارة
9. منظم الضغط
10. مرشح الوقود
11. مضخة الوقود
12. الوقود من الخزان
الوقود الراجع للخزان

أجزاء مجموعة حقن البنزين ذات التحكم الالكترونى:

تتكون مجموعة حقن البنزين ذات التحكم الالكترونـــى الموضـــحة بالرســـم التخطيطى بشكل4-14 b من ثلاثة دوران هى كالآتى:

1- دورة الوقود.

2- دورة الهواء.

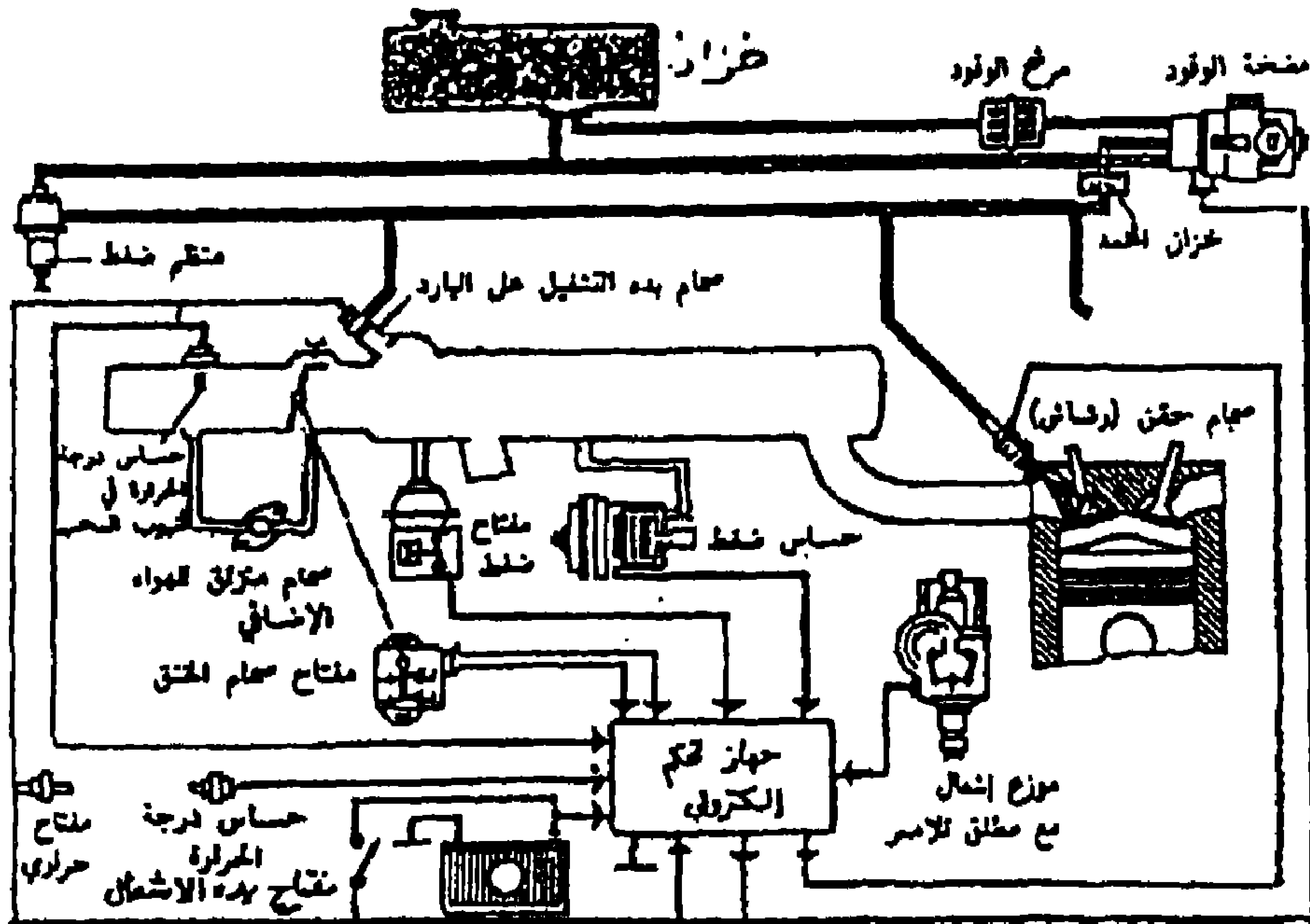
3- دورة التحكم.

يقسم الرسم التخطيطى الموضح بشكل 4-14 إلى ثلاثة أجزاء:

يمثل الجزء العلوى ... دورة الوقود.

بينما يمثل الجزء الأوسط ... دورة الهواء.

أما الجزء السفلى فيمثل ... دورة التحكم.



b

شكل 4-14b

مجموعة حقن البنزين ذات التحكم الالكترونى

تعمل مجموعة حقن البنزين ذات التحكم الالكترونى بشكل متداخل مع بعضها البعض ويمكن تقسيمها إلى الآتى:

أولا: دورة الوقود

تتكون دورة الوقود بمجموعة حقن البنــزبن ذات الــتحكم الالكترونـــى مـــن الأجزاء التالية:

1-مضخة الوقود.

2-مرشح الوقود.

3-منظم الضغط.

4-صمام الحقن.

1- مضخة الوقود:

وظيفة مضخة الوقود هى سحب البنزين من الخزان، وضغطه فى اتجاه صمامات الحقن من خلال أنابيب توزيع وفروعها.

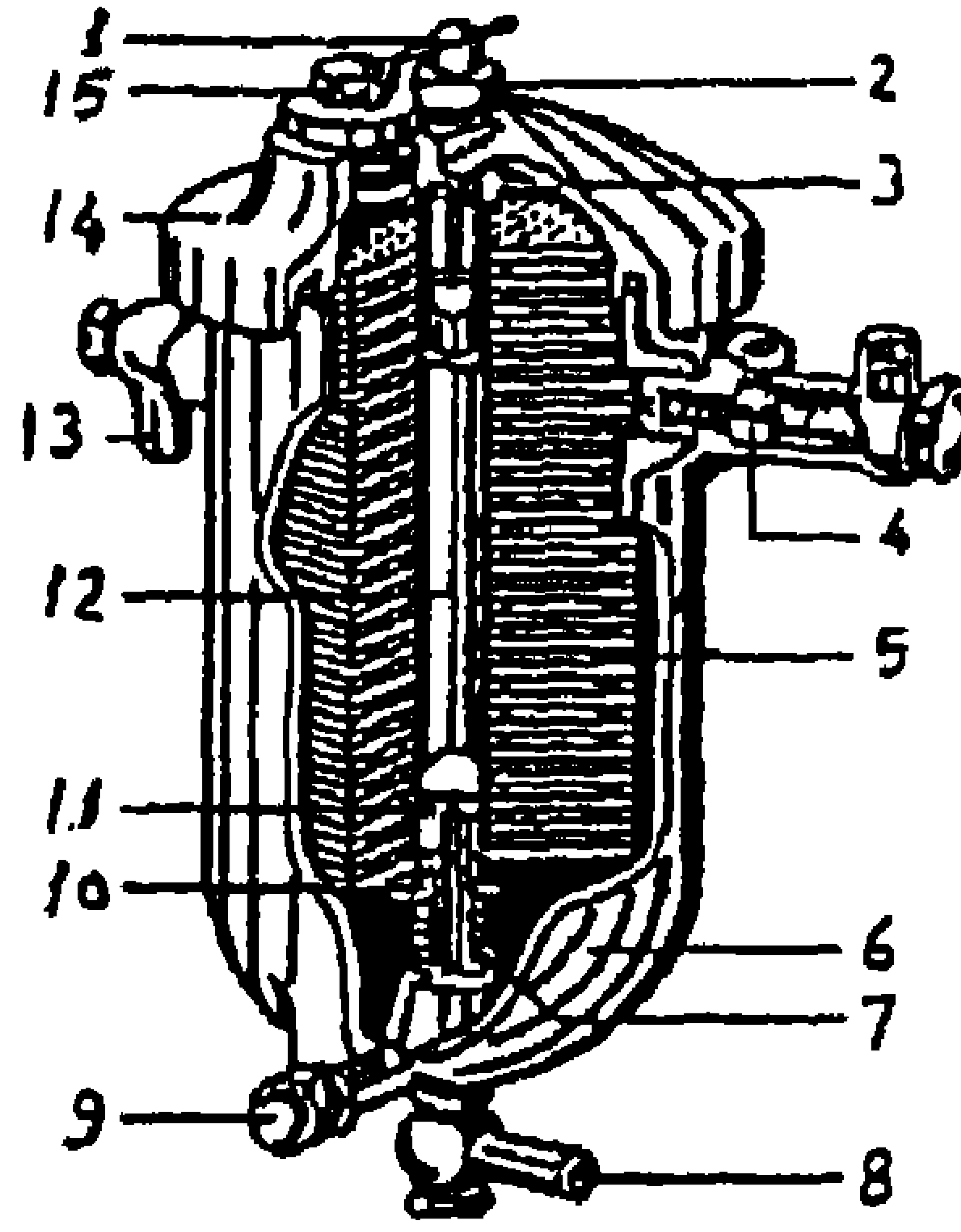
توجد مضخة الوقود فى مبيت واحد مع المحرك الكهربائى، وتدار كهربائيا. يبدأ دوران المضخة بتشغيل مفتاح بدء الاشتعال، ويتوقف تشغيل المضخة تلقائيا بعد حوالى ثانية إذ لم يبدأ المحرك دورانه من خلال توصيله أمان، التى تسمى بتوصيله الأمان الكامل، حيث تمنع امتلاء الاسطوانة بالبنزين عند حدوث خلل فى صمام الحقن الخاص بها، كما تعمل على تشغيل المضخة بصفة دائمة اثناء دوران المحرك بواسطة جهاز تحكم الكترونى.

تضخ المضخة كمية الوقود (البنزين) أكبر من المعدل الأقصى الذى يحتاجه المحرك، ويعود البنزين الزائد عن الحاجة إلى الخزان، فى دائرة وقود أخرى من شأنها درجة حرارة الوقود إلى حد كبير، ويحول بالتالى دون تكون بخار الوقود فى الدورة.

2- مرشح الوقود:

مرشح الوقود الموضح بشكل 4-15 عبارة عن منفى ورقى دقيق. يعمل كحاجز للمواد الغريبة العالقة بالوقود وبذلك يحول دون وصولها إلى صمامات الحقن ومنظم الضغط، حتى لا تؤثر هذه المواد على سرعة استهلاكها وتليفيهما.

يوصى باستبدال مرشح الوقود من آن لآخر بصفة دورية حسب توصيات الشركات المنتجة.



شكل 15-4

مرشح الوقود

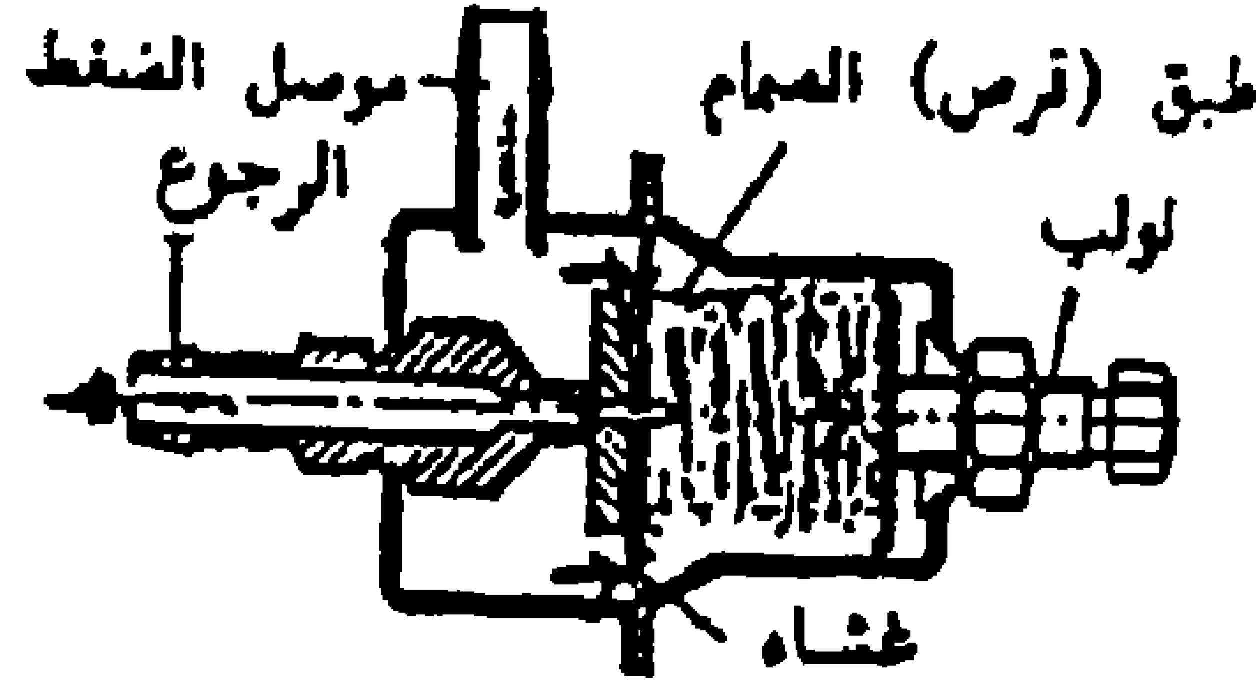
1- استنزاف	9- سداده
2- توصيل	10- حامل
3- حشية جوان	11- فتحة
4- صمام سكب	12- عمود
5- قلب المرشح	13- خط التغذية
6- الغلاف الخارجي	14- غطاء
7- نابض (ياي) ضغط	15- سدادة مقلوطة
8- المخرج إلى المضخة	

3- منظم الضغط:

يوجد منظم الضغط فى نهاية أنبوب الضغط، خلف صمام الحقن، وهو مزود بتوصيلتين أحديهما تتصل بفرع تغذية البنزين، والأخرى بفرع الرجوع.

يعمل منظم الضغط الموضح بشكل 16-4 على الحفاظ على ثبوت الضغط فى أنبوب التوزيع، حيث يتم معايرة وضغط الحقن ومقداره 2bar من خلال تغيير الشد الأولى للنابض.

كما يقوم بوظيفة صمام الفائض، حيث يعمل عند ارتفاع ضغط البنزين الـــذى يزيد عن 2 bar بالضغط على الغضاء النابض ليرتفع طبق الصمام عن مقعد الصمام، وبذلك يتدفق البنزين الزائد عن الحاجة من خلال أنبوب الرجوع عائدا إلى الخزان.

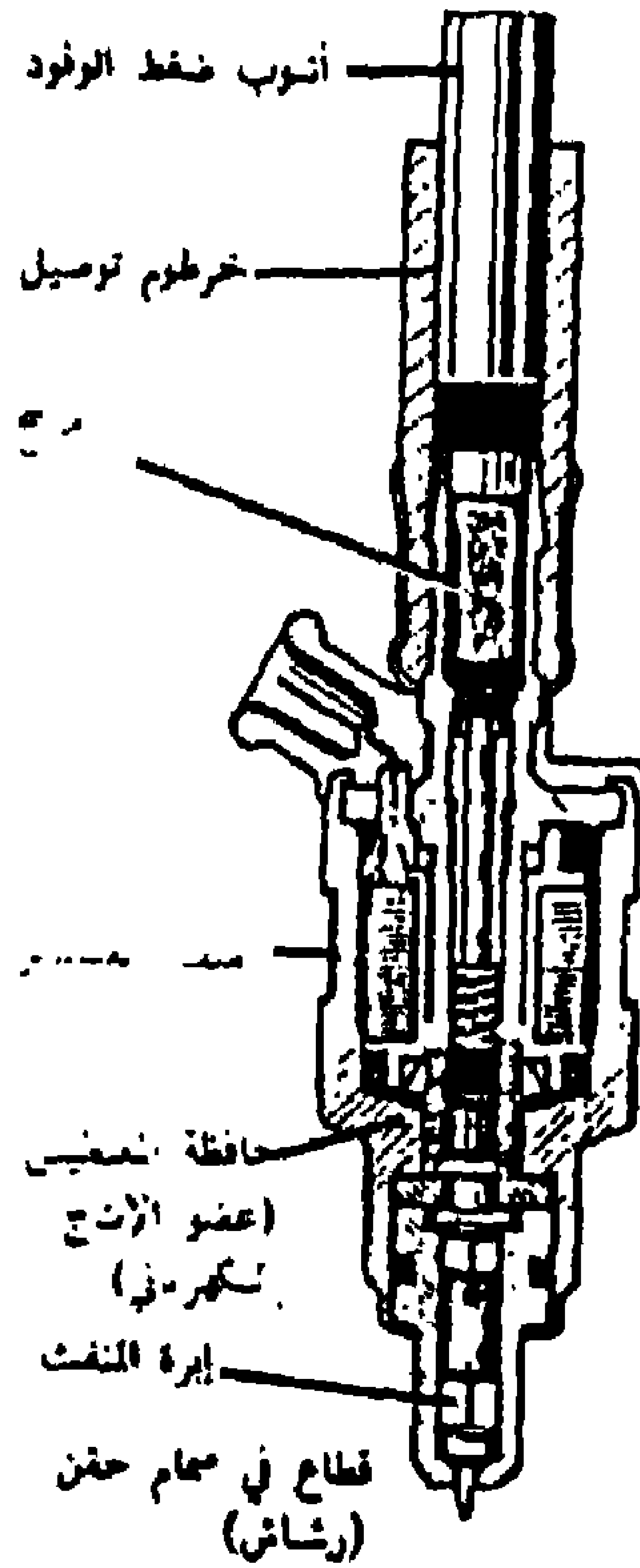


شكل 4-16
منظم الضغط

4- صمام الحقن:

يركب صمام الحقن فى مجمع أنابيب السحب لبدء تشغيل المحرك البارد، وهو يحقن كمية إضافية من الوقود أثناء بدء تـشغيل المحـــرك عنـــد درجـــات الحـــرارة المنخفضة لتسهيل بدء حركة المحرك. ويفتح هذا الصمام عـــن طريـــق مغنـــاطيس كهربائى، ويحقن الوقود فى صورة رذاذ دقيق عن طريق منفس لولبى.

يحتوى صمام الحقن الموضح بشكل 4-17 على ملف مغناطيسى، حيث يضغط النابض على إبرة المنفث وحافظة المغناطيس الموجودة أعلاها ضد مقعد الإبرة لمنـــع التسرب، فى حالة عدم مرور التيار فى الملف المغناطيـــسى. وعنـــد تلقـــى الملـــف المغناطيسى. نبضة لتيار كهربائى من جهاز التحكم، يتولد مجال مغناطيسى، من شأنه جذب الحافظة (عضو الإنتاج) إلى أعلى. وبذلك ترتفع إبرة المنفث بنحـــو 0.15mm عن مقعدها ويتم حقن الوقود أثناء فترة رفع الإبرة. ويبلغ زمـــن الاســـتجابة حـــوالى 0.001 S أما زمن فتح صمام الحقن فيتراوح ما بين 0.002S – 0.010S تبعـــا لكميـــة الوقود المطلوب حقنها.

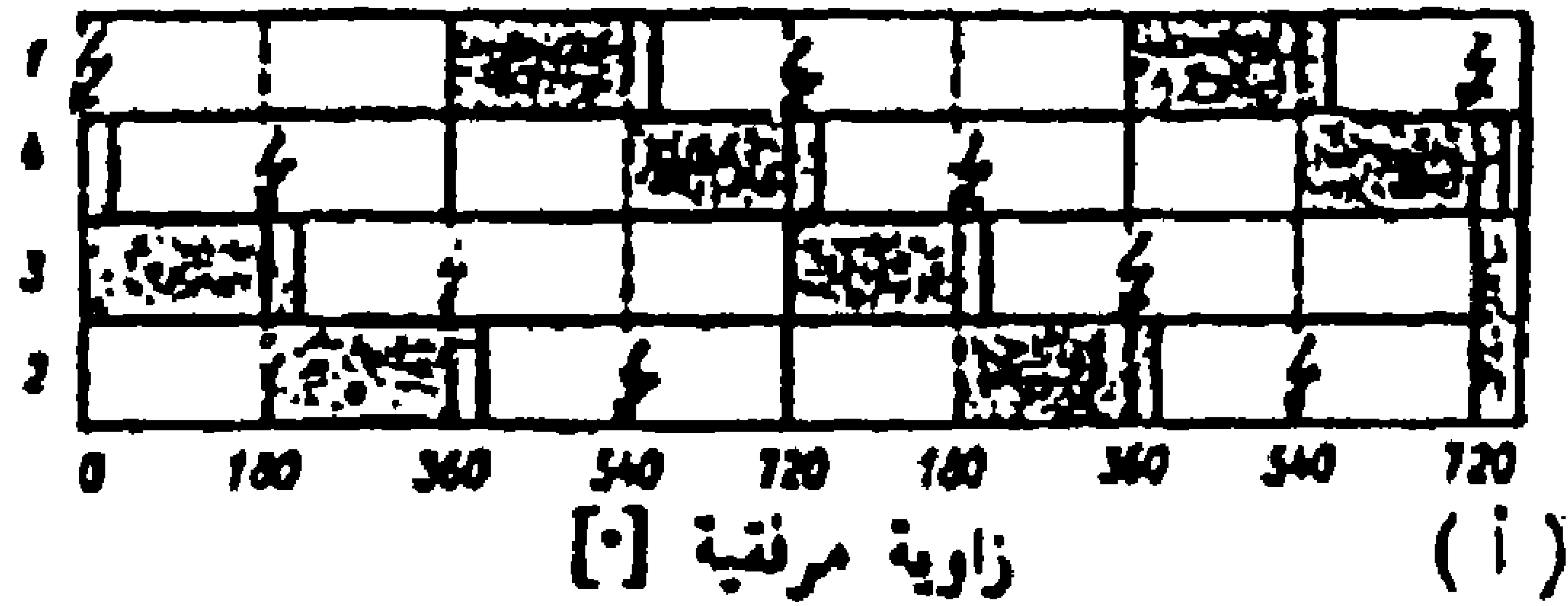


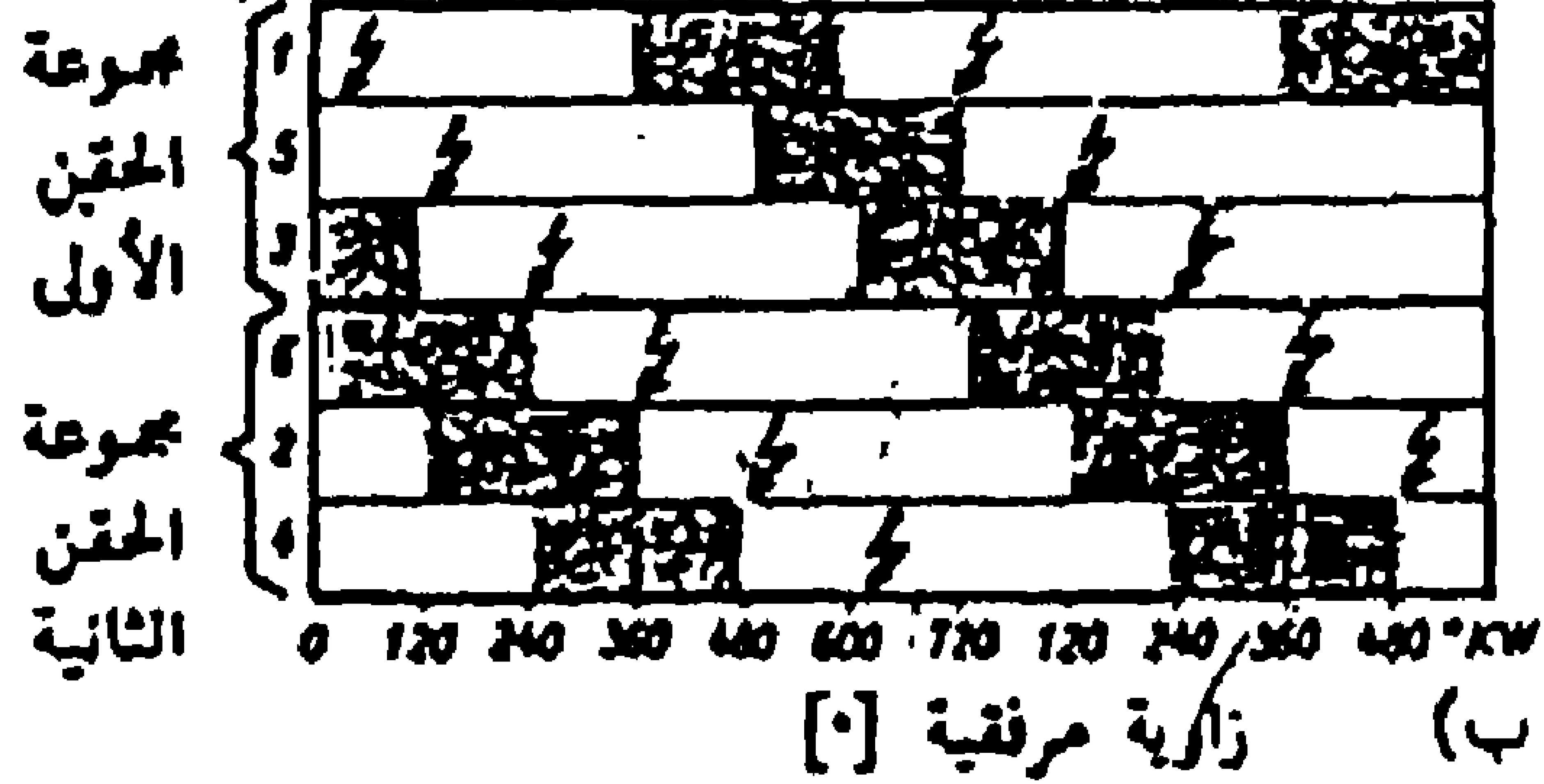
شكل 4-17

يركب صمام الحقن فى أنبوب السحب لكل اسطوانة على حدة، ويعمل كهرومغناطيسيا مرة واحدة فى كل شوط قدرة، حيث يتولى مهمة حقن الوقود إلى صمام الدخول.

تقسم صمامات المحرك إلى مجموعات بهدف خفض عدد الأجزاء الالكترونية المستخدمة حيث توجد مجموعتين من صمامات المحرك رباعى الاسطوانات، تتكون كل منها من صمامى حقن، أما فى المحرك سداسى الاسطوانات فهناك أيضا مجموعتان تتألف كل واحدة منها من ثلاثة صمامات حقن، ويوضح مخطط التوقيت شكل 4-16 الذى يبين الترتيب الزمنى لفتح صمامات الدخول وزمن الحقن وتوقيت الإشعال. وتخص صمامات كل مجموعة، تلك الاسطوانات التى يتعاقب تتابع إشعالها،

ويتم التوصل الكهربائى لصمامات كل مجموعة على التوازى، ومن ثم يتم حقن الوقود فى نفس الوقت. وبذلك تتلقى اسطوانتان فقط الوقود مباشرة أثناء شوط السحب. أما فى باقى الاسطوانات فيخزن الوقود فى أنبوب السحب ليتمكن من دخول الاسطوانة شوط السحب اللاحق.





شكل 4-18
مخطط التوقيت

ثانياً: دورة التحكم

تحتوى دورة التحكم على عدة أجهزة تعمل على التحكم الالكترونى فى جميع حالات المحرك وهى كالآتى:

1- جهاز التحكم فى توقيت الحقن:

يتم التحكم فى توقيت الحقن بواسطة نقطتى تلامس غير قابلتين للضبط، مركبتان فى أسفل علبة موزع الاشتعال وفى أوضاع متقابلة بحيث تصنعان فيما بينهما زاوية قدرها 180° . وتستعمل حدبة أحادية التحدب مركبة على عمود الموزع للتحكم فى نقطتى التلامس، وبذلك يتلقى جهاز التحكم نبضات لبدء فتح صمام الحقن ومعلومات عن سرعة المحرك.

2- جهاز التحكم فى كمية الوقود المحقونة:

وظيفة هذا الجهاز هو تحديد زمن (فترة) فتح صمامات الحقن لغرض التحكم فى كمية الوقود المحقون، ويتم تحديد زمن (فترة) فتح الصمامات تبعا للضغط الواقع فى أنبوب السحب، وتبعا لسرعة المحرك. وتحقق الوصول إلى الخليط المثالى من الوقود والهواء باستخدام التجهيزات المصممة لكمية الوقود المحقونة وهى كما يلى:

(أ) تجهيزه بدء تشغيل المحرك البارد.

(ب) تجهيزه إغناء الخليط أثناء الدوران المعتاد (الساخن).

(ج) تجهيزه إغناء خليط الحمل الكامل.

(د) تجهيزه إغناء الخليط أثناء التسارع.

(هـ) تجهيزه حجز الوقود أثناء تدحرج المركبة.

كما تستخدم أجهزة مختلفة أخرى لغرض إعطاء بيانات لجهاز التحكم الذى يحولها إلى نبضات كهربائية ذات فترات طويلة أو قصيرة، ويتوقف زمن فتح صمامات الحقن وكمية الوقود المحقونة على هذه الفترات.

3- جهاز التحكم الالكترونى:

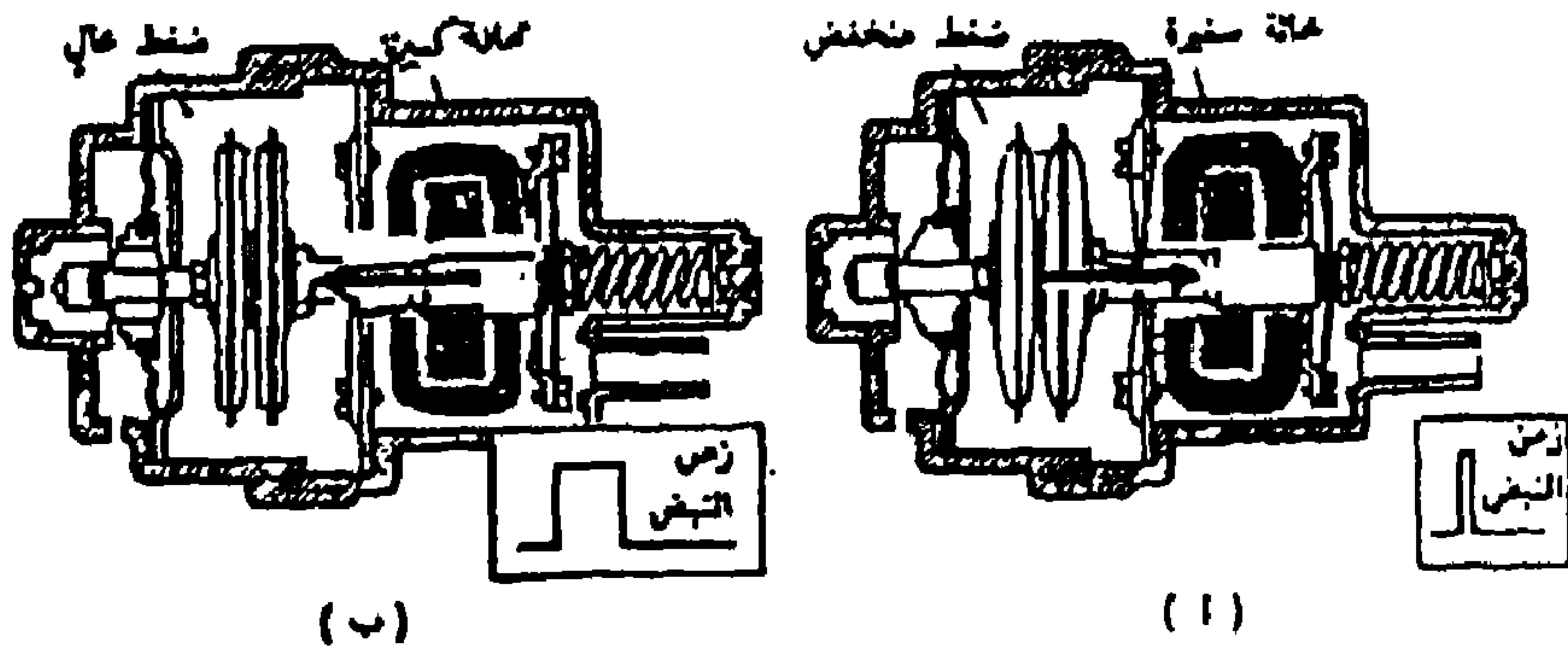
يتصل جهاز التحكم الالكترونى مع مرسلات بيانات (Information Transmission) المثبتة أو المتصلة بأجزاء المحرك. يصنع جهاز التحكم الالكترونى بطريقة الدوائر المطبوعة المعروفة فى الهندسة الالكترونية، وتثبت الترانزستورات والدايودات والمكثفات التى تتصل مع بعضها البعض على لوحة التوصيلات المطبوعة.

يحتوى جهاز التحكم الالكترونى على التجهيزات التالية:

(أ) حساس الضغط:

يحتوى حساس الضغط الموضح بشكل 14-4 على ملف حث موصل بمفتاح توقيت الكترونى فى جهاز التحكم، كما يحتوى على علبتين ضغط تعملان عن طريق تغيير حجمها (بسبب تغير الضغط) على إزاحة عضو إنتاج داخل حلقة حديدية مما ينتج عنه تغير فى حثها.

وظيفة حساس الضغط هو نقل المعلومات الخاصة بالضغط السائد فى أنبوبة السحب إلى جهاز التحكم، يقاس هذا الضغط خلف صمام الخنق، وينقل إلى حساس الضغط عن طريق وصلة مرنة.



شكل 19-4
حساس الضغط

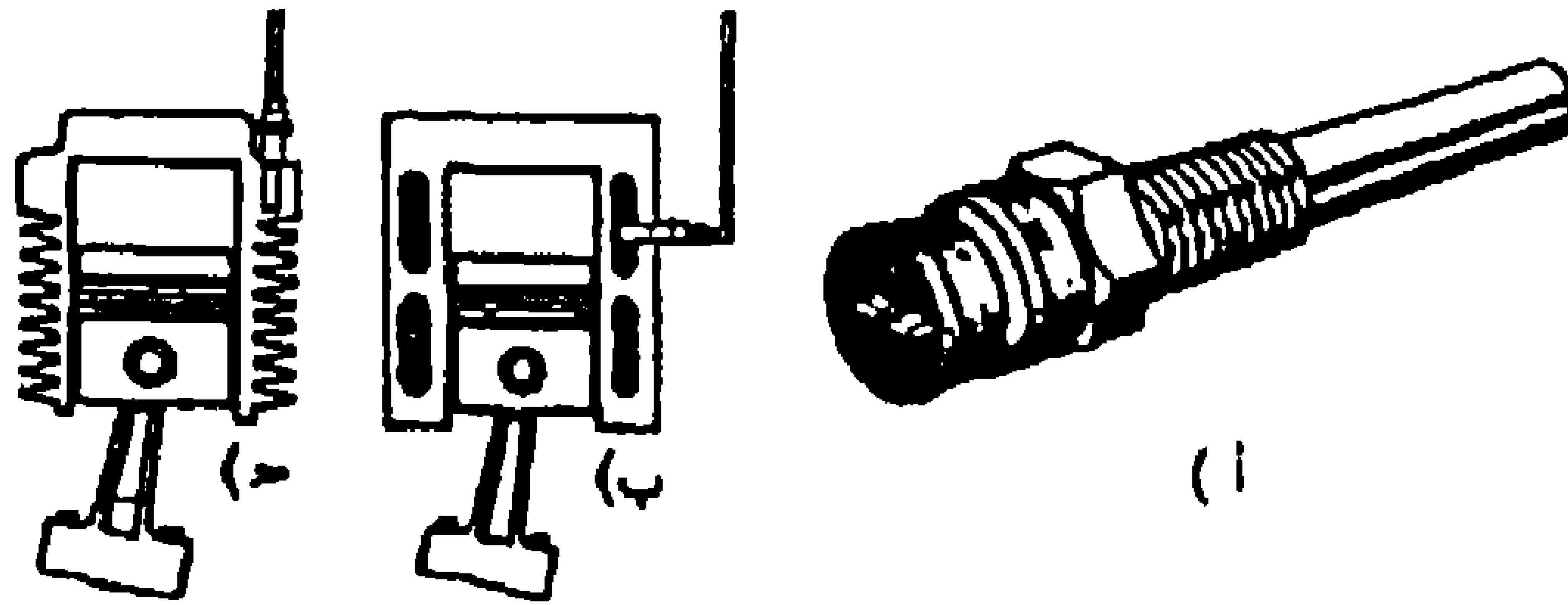
(أ) انخفاض الضغط فى أنبوب السحب عند غلق صمام الخنق مما ينــتج عنـــه تمـــدد علبتـــى الضغط، وبالتالى إزاحة عضو الإنتاج إلى خارج الخلقة الحديدية الذى يؤدى إلى حث قليــل وينتج عنه انخفاض زمن نبضة التيار، بذلك تحقن الصمامات بكمية قليلة من الوقود.

(ب) ارتفاع الضغط فى أنبوب السحب عند فتح صمام الخنق، مما ينتج عنـــه انكمـــاش علبتـــى الضغط، وبالتالى إزاحة عضو الإنتاج إلى داخل الحلقة الحديدية الذى يؤدى إلى حث كبير، وينتج عنه طول زمن نبضة التيار، وبذلكى تحقن الصمامات بكمية كبيرة من الوقود.

(ب) حساس درجة الحرارة:

يتكون حساس درجة الحرارة الموضح بشكل 4-20 من جسم معدنى على شكل مسمار ذو رأس مسدس، تثبت داخله مقاومة. يستعمل هذا الحساس فى المحركات ذات التبريد بالسوائل لقياس درجة حرارة سائل التبريد.

يحقق حساس درجة الحرارة مواءمة كمية الوقود المحقون لدرجـــة حـــرارة المحرك. يحتوى على مقاومة تتغير قيمتها تبعا لتغيير درجة الخرارة، إذ تنخفض بشدة عند ارتفاع درجة الحرارة، وينتقل حساس درجة الحرارة بياناته عن درجـــة حـــرارة المحرك إلى جهاز التحكم الذى يؤثر على التحكم فى حقن كمية الوقود.



شكل 4-20

حساس درجة الحرارة

(أ) جسم معدنى على شكل مسمار ذو رأس مسدس بداخله مقاومة.

(ب) قياس درجة الحرارة عند رأس الاسطوانات فى حالة المحركات المبردة بالماء.

(ج) أخذ درجة حرارة الهواء أى الاعتبار أحيانا عند تحديد كمية الوقود فى بعض التجهيـــزات، وفى هذه الحالة يركب حساس درجة حرارة إضافى فى أنبوب السحب.

الملخص:

- هناك نوعان لحقن البنزين:
  - حقن بنزين ميكانيكى
  - وحقن بنزين ذو تحكم الكترونى
- يحقن الوقود فى كل أنظمة الحقن داخل أنبوب السحب (حقن غير مباشر).
- تستخدم مرشحات نجمية الشكل أو ملفوفة مصنوعة من الورق، كعناصر ترشيح للمرشحات الدقيقة. وعند استخدام الحقن الميكانيكى للبنزين، يستعمل عنصر ضخ خاص لكل اسطوانة من اسطوانات المحرك.

خواص وطريقة عمل مضخة الحقن طراز بوش (Bosch):

- تتغير كمية الوقود المحقون بواسطة دوران كباس المضخة.
- تحدد حافة التحكم بالكباس نقطة بدء الحقن.
- يدار كباس المضخة بواسطة بكرة التحكم التى تتحسس على سطح الحدبة المنزلقة.
- تزاح الحدبة المنزلقة محوريا تبعا لسرعة المحرك، وتدار حول محورها تبعا للحمل.
- عند بدء تشغيل المحرك، يجذب مغناطيس بدء التشغيل جريدة التنظيم إلى ما بعد وضع الحمل الكامل.
- تغير علبة الضغط كمية الوقود المحقون تبعا لتغيير ضغط الهواء.
- عند سحب السيارة وتخطى سرعة دوران المحرك لقيمة معينة، يحرك مغناطيس الإيقاف جريدة التنظيم إلى وضع اللاتغذية فتتوقف عملية حقن الوقود.
- يقوم مفتاح التوقيت بضبط جريدة التنظيم على وضع ضخ (تغذية) البدء عند كل عملية بدء تشغيل، لمدة تصل إلى نحو ثانيتين.
- يقوم مفتاح التوقيت الحرارى بضبط جريدة التنظيم على وضع تغذية البدء عند كل عملية تشغيل، طالما بقيت درجة حرارة المحرك تحت حد معين.

خواص وطريقة عمل مضخة الحقن طراز كوجل فيشر (Kugelfischer).

- تتغير كمية الوقود المحقون تبعا لدوران ذراع التنظيم المتأرجحة.
- تدار ذراع التنظيم المتأرجحة بواسطة إصبع حاس (تحكم) يتحس علـــى ســـطح الحدبة المجسمة.
- تزاح حدبة التحكم محوريا من صمام الخنق بواسطة ترتيبه نقل الحركة، كما تدار حول محورها من محدد السرعة، بواسطة تعشيقة المنظم.
- يمكن تقنين كمية الوقود اللازمة عند بدء تشغيل المحرك البارد، إما بواسطة إدارة لا مركزية أو عن طريق حقن الوقود داخل أنبوب المص بواسطة صمام.
- يتم التحكم فى كمية الوقود المطلوب حقنها لإدارة المحرك الدافئ بواسطة دوران لا مركزى.

خواص وطريقة حقن البنزين بالتحكم الالكترونى.

- يظل الضغط السائد فى أنبوب ضغط الوقود ثابتا ومقداره 2bar فـــوق الـــضغط الجوى.
- يتم التحكم فى كمية الوقود المحقون بتغيير زمن الحقن.
- تقسم صمامات الحقن (الرشاشات) الموجودة فى محرك ما إلى مجموعتين.
- يتم التحكم فى توقيت الحقن بواسطة نقطتى تلامس مثبتتين فى الجزء السفلى لعلبة مزع الإشعال، وغير قابلتين للضبط.
- يتحدد زمن فتح صمامات الحقن بواسطة عاملين هما: الضغط السائد فى أنبـــوب المص وسرعة دوران المحرك.
- يتلقى جهاز التحكم معلومات عن الضغط السائد فى أنبوب المص مـــن حـــساس الضغط يحقق حساس درجة الحرارة مواءمة كمية الوقود المحقونة تبعـــا لدرجـــة حرارة المحرك.

- يقوم صمام بدء تشغيل المحرك على البارد بحقن وقود إضافى فى أنبوب السحب، ويتلقى هذا الصمام إشارة تشغيله عند تدوير مفتاح بدء التشغيل المتصل بالمفتاح الحرارة ومفتاح التوقيت الحرارى.
- يتلقى المحرك هواء إضافيا أثناء فترة تدفئته (الفترة الأولى لتشغيله)، يصل إلى الاسطوانات بواسطة صمام منزلق للهواء الإضافى.
- فى حالة الحمل الكامل، يتلقى جهاز التحكم نبضة كهربائية يتم على إثرها إغناء الخليط (إغناء الحمل الكامل) من مفتاح الضغط أو من غشاء حساس الضغط.
- يعمل مفتاح صمام الخنق على إيقاف حقن الوقود فى حالة تدحرج السيارة وعندما تتعدى سرعة دوران المحرك حدا معينا. أما وظيفة بالنسبة للتجهيزة الإضافية لمفتاح صمام الخنق، فهى إغناء خليط الوقود والهواء.

2

الجزء الثانى

محركات الديزل

1

الباب الأول

تصنيف محركات الديزل

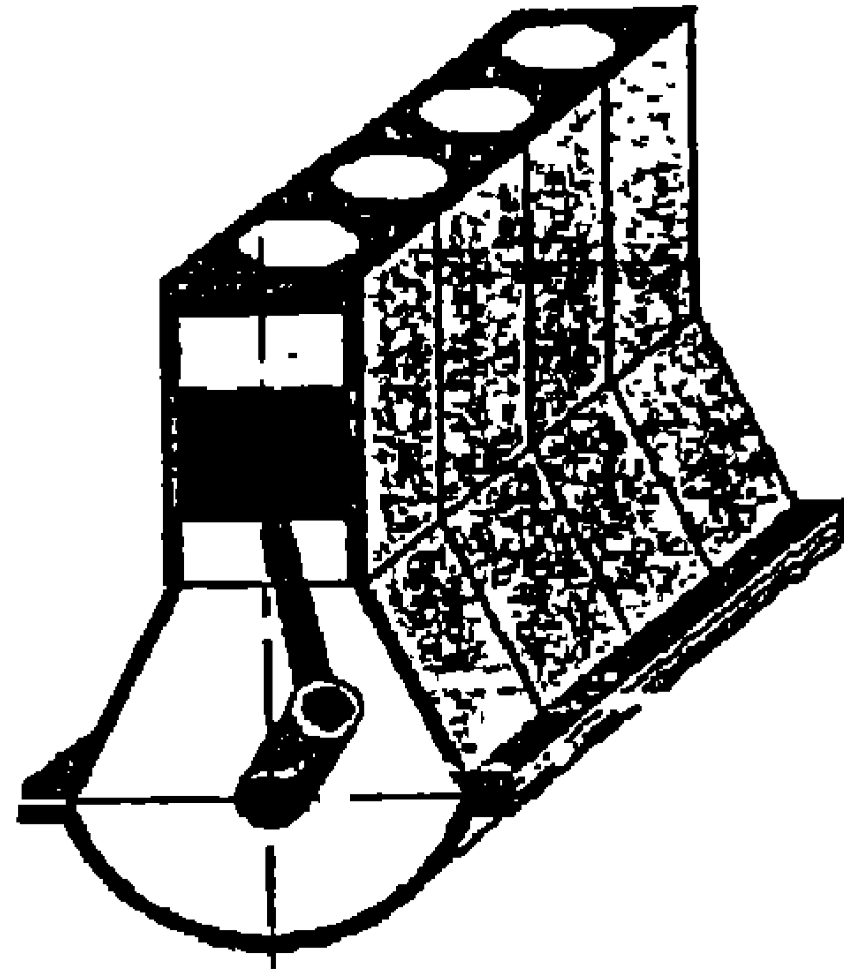
نبذة عامة عن محركات الديزل

(1-1) مراحل تطور محرك الديزل :-

يقصد بكلمة محرك ديزل أو محرك مازوت بأنه عبارة عن محرك احتراق داخلي يستخدم المازوت حيث يحترق الوقود في الاسطوانة ذاتياً بسبب الارتفاع الشديد في الضغط والتي تسبب ارتفاع درجة حرارة الوقود إلى الدرجة التي تجعله قادر على الاشتعال والاحتراق ذاتياً ولذلك فهو يعرف بمحرك الاحتراق ذات الاشتعال بالضغط ولقد مر محرك الديزل بعده مراحل إلى أن تطور وأصبح في صورة محرك الديزل الحديث الذي نراه الآن وقد تطورت المحركات حيث بدأت المحركات مع ظهور صناعة الآلات البخارية وذلك بتحويل الطاقة الحرارية للفحم إلى طاقة ميكانيكية وكان من أهم عيوبها فقد طاقة حرارية كبيرة وأن الفحم يشغل حيز كبير بالآلة البخارية وملحقاتها ثم فكر المخترعون في حرق الفحم مباشرة في اسطوانة المحرك الترددي وبذلك لا يكون هناك فائدة من توليد البخار ولم يتم تنفيذ هذه الفكرة للوقت الطويل اللازم لاشتعال الفحم بعد ذلك ظهر الوقود السائل والوقود الغازي وأمكن استخدامه بعد ذلك لتشغيل المحركات بعد تعديل تصميمها ليتناسب مع الوقود الجديد ، وفي عام 1660 تمكن العالم الهولندي هيجنز Hugens من بناء أول محرك يستخدم البارود ثم في عام 1688م وفي عهد لويس الرابع عشر (ملك الشمس) وكان ذلك العصر هو عصر الثورة الانجليزية الكبرى ظهر محرك الاحتراق الداخلي ولذلك يسمي هذا العصر بعصر ألآت الاحتراق الداخلي بينما في عام 1763م قام العالم الانجليزي جيمس وات باختراع آلة بخارية وفي عام 1768م قام العالم الانجليزي سيتفنسون باستخدام الآلة البخارية في عربة نقل وأمكنه تشغيل أول خط حديدي في انجلترا عام 1825م وكان هذا التاريخ بداية لعصر جديد والذي سمي ببداية عصر هندسة المواصلات وفي عام 1835م تم افتتاح أول خط حديدي في ألمانيا بين مدينتي نور

نييرج وقيرت واثبت الآلة البخارية صلاحيتها في تشغيل السكك الحديدية وفي عام 1860 قام العالم الفرنسي اينوار باختراع أول محرك احتراق داخلي مستخدماً غاز الاستصباح كوقود له وقد اقتصر هذا المحرك على الأنواع الثابتة المربوطة بشبكة الغاز وبالرغم من أن هذا المحرك كان غير اقتصادي إلا أن العالم لينوار يعتبر هو المؤسس لمحرك الاحتراق الداخلي الحالي ، وفي عام 1867م عرض الألمانيان أوتو Otto ولانجن Langen أول محرك رباعي الأشواط يستخدم الغاز كوقود في معرض باريس العالمي وأمكنهم تطوير هذا المحرك وأضافوا إليه تحسينات كبيرة وهو المحرك الذي نراه وسمي هذا المحرك باسم محرك اوتو Otto ذو الاحتراق الداخلي مع استخدام أنواع مختلفة من الوقود كالهيدروجين أو غاز الاستصباح أو الكحول ثم استقر أخيرا على استخدام المشتقات البترولية وهي الكيروسين والبنزين وكان المحرك الكبير يستخدم وقود الكيروسين ثم تم تعديل المحرك وأمكنه استخدام وقود البنزين وتم تركيبه في سيارة صغيرة ثم بعد ذلك وفي عام 1883م استطاع العالم الدكتور ديزل بحقن المازوت في أول محرك ممزوجاً مع نسبة من الهواء المضغوط ثم قام العالم ادولف سرور Adolph surer بتحسين هذا المحرك في سويسرا ثم تقدمت وتطورت الأبحاث على المحركات بغرض الحصول على أكبر قدرة ممكنة من المحرك ولكن العالم ردولف ديزل قدم نظرية جديدة عام 1889م لزيادة درجة الجودة الحرارية للمحرك وذلك بزيادة نسبة الانضغاط compression ratio تم تطورت الأبحاث بغرض الحصول على محرك اقتصادي واقل استهلاك للوقود حتى قامت شركة MAN بألمانيا الغربية بصنع أول محرك رباعي الأشواط له صمامات أحدهما صمام لدخول الهواء والثاني صمام لخروج غازات العادم وذلك باستخدام الهواء المضغوط عند حقن الوقود لتسهيل عملية التذرير Atomization مع ملاحظة أن بدء حركة المحرك تتم بواسطة الهواء المضغوط وتغيير كمية الوقود المحقون بواسطة تغيير مشوار مكبس مضخة الحقن ثم اجري العالم ديزل أبحاثه على هذا المحرك الجديد في الفترة من العام 1893

1897 – وفي نفس الوقت بدأت المصانع في أوروبا تصنع محرك ديزل بعد التعاقد مع العالم ديزل بقدرات تصل إلى 18 حصان تقريباً وعدد لفات لاتزيد لا تزيد عن 500 لفة في الدقيقة مع استخدام الهواء المضغوط لحقن الوقود السائل ولاحظ العالم ديزل سخونة كراس التحميل bearing بدرجة عالية فحاول تبريدها بالماء ووجد أنه بزيادة كمية زيت التزييت وزيادة ضغطها يؤدي إلى التبريد والتزييت في نفس الوقت وكذلك لاحظ ديزل خروج الزيت بكمية كبيرة من بدن المحرك المفتوح على شكل A فقام بتصميم بدن مغلق للمحرك حيث توضع الاسطوانات



شكل 1-1 محرك خطي بأربع اسطوانات

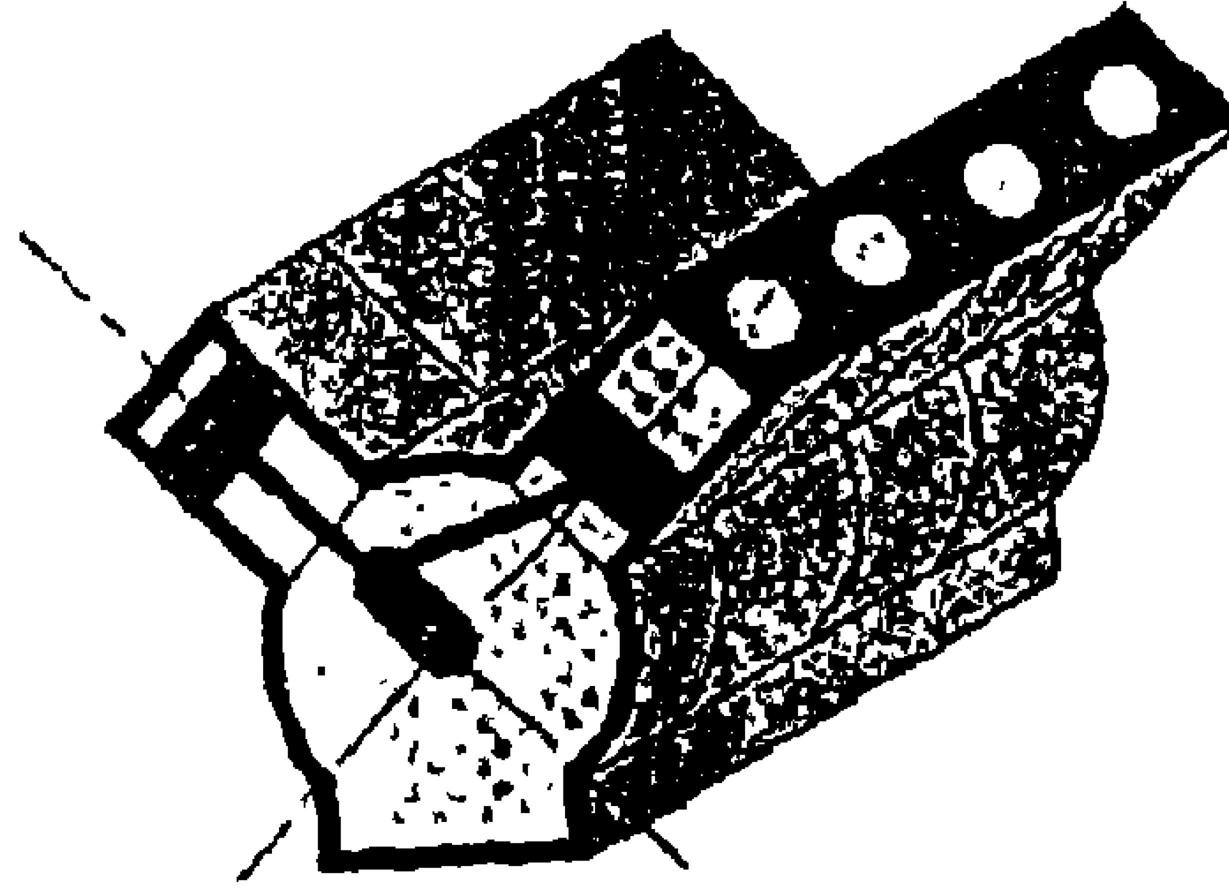
على قاعدة موحدة Bed Plate وتم تثبيت البدن فيها بواسطة مسامير ثم واصل ديزل أبحاثه لزيادة السرعة الدورانية للمحرك وقام بتثبيت الاسطوانة في بدن المحرك لتقليل الاهتزازات العالية بسبب زيادة السرعة الدورانية للمحرك وكذلك أجري ديزل أبحاث على توصيل المكبس بذراع التوصل لتوفير Gross head وعمودها وفي عام 1902 قام ديزل بصنع أول محرك ثنائي الأشواط واستخدم في السفن البحرية ثم قامت شركة سولزر بإدخال تحسينات على هذا المحرك وذلك باستخدام بوابات ports وطريقة الكسح الطولي uni flow scavenging لزيادة قدرة المحرك ثم قام كل من العالمين يونكرز ودوكسفورد بصنع المحرك ذي المكبسين المتضادي الحركة opposed piston Engine ثم بدأ الناحيتين باستخدام الحقن المباشر Direct injection

واستخدام الدورة المشتركة وهي إضافة الوقود عند حجم ثابت وضغط ثابت مع الحقن المباشر مع استخدام حاقن للوقود يعمل عند ضغط عالي مع زيادة في درجة الجـــودة الحرارية ،وفي عام 1925 بدأ تعميم هذه الطريقة الجديدة لحقن الوقـــود والاســـتغناء نهائياً عن الضاغط الهوائي وتبسيط المحرك بفضل جهود روبـــرت بوســـن Robert poison ثم بدأت الشركات الكبيرة تصنع المحركات سريعة الدوران واستخدامها فـــي القوارب والمناضيد ثم بدأ استخدامها في السيارات وعندئذ بدأت مرحلة الأبحاث على غرف الاحتراق المبدئية ore combustion chamber وغـــرف الإثـــارة Turbulence التي تتناسب مع الوقود و تناسب الوقود الرخيص في المحرك السريع الدوران.

واستمر تحسين وتطوير الأبحاث في محرك الديزل للحصول علـــى قـــدرات عالية حتى 15000 حصان في المحركات التي تستخدم في السفن وكـــان المحـــرك رباعي الأشواط ومع استمرار الأبحاث والتجارب توصل العالم بوسن poison إلـــى صنع أول محرك رباعي الأشواط يعمل بطريقة الـــشحن Supercharging بواســـطة توريد غازي يقوم بإدارة ضاغط هوائي يمد المحرك بالهواء اللازم لاحتراق الوقـــود والذي أدي إلى زيادة قدرة المحرك إلى 150% وكان ذلك عام 1931م ومن النتائج التي توصل إليها بوسن من استخدام الشاحن التوربين بالمحركات هي زيـــادة قـــدرة المحرك بمعدل كبير إذا ما قورن بمعدل زيادة الاجهـــادات الحراريـــة لاســـطوانات وغرف الاحتراق كذلك لاحظ بوسن أن تأثير الزيادة في ضغوط الغازات داخل غرفة الاحتراق على كراسي التحميل قليلة نسبياً وتعتبر هذه الملاحظات هي مميـــزات أدت إلى الاتجاه في استخدام الشاحن بمحركات الديزل حتى صارت معظم محركات الديزل في عام 1980 تزود بشاحن بوسن التوربيني ثم بعد ذلك بدأت الشركات الكبرى فـــي إنتاج محركات ثنائية الأشواط ذات شاحن مع استخدام طريقة الكسح الطولي uni-flow scavenging حيث يدخل الهواء من البوابات ويخرج من صمام أو صمامين في أعلى الاسطوانة الرأسية مما أدي إلى نجاح هذا المحرك وتم استخدامه في قاطرات الـــسكك الحديدية والسفن والسيارات.

2-1 تصنيفات محركات الديزل :-

يتم تصنيف محركات الديزل تبعاً لاعتبارات متعددة بحيث يسهل توصيف المحرك وإعطائنا فكرة عامة عن تصميمه وطريقة تشغيله والتمييز بين مختلف أنواعه فمثلاً يمكن تصنيف محرك الديزل بأنه محرك رباعي الأشواط بطئ السرعة على شكل حرف V والشحن



الشكل (2-1) محرك على شكل حرف V بثماني اسطوانات

به جبري كذلك يمكن توصيف المحرك بمقاييس قطره وطول مشواره وعدد اسطواناته فمثلاً إذا قلنا محرك 480/400V12 فهذا يعني أن قطر الاسطوانة 0.400 متر وطول المشوار 0.480 متر وعدد الاسطوانات 12 ومرتبة على شكل حرف V ويلاحظ عادة أنه تصنف المحركات الكبيرة يقتصر على استخدام قطر الاسطوانة والمشوار على التوالي بينما يتم تصنف المحركات الصغيرة بالسعة اللترية أي مجموعة إزاحة مكابس المحرك مجتمعة فمثلاً إذا قيل أن محرك 2000سم3 ذو أربع اسطوانات يعني ذلك أن إزاحة المكبس في كل اسطوانة مقدارها 500سم3 ، وسوف تميز كل صفة من الصفات السابقة بين هذا المحرك وغيره من المحركات التي تختلف عنه وفيما يلي توضيح لأهم الاعتبارات التي يتم تصنيف محركات الديزل تبعاً لها.

أولا : أشواط التشغيل:-

تنقسم محركات الديزل تبعاً لأشواط التشغيل إلى نوعين كما يلي:-

أ- **محركات رباعية الأشواط** : وفيها تتم دورة التشغيل في أربعة أشواط للمكبس وتشمل أشواط السحب والضغط والقدرة والعادم وتتم خلال لفتين من عمود المرفق .

ب- **محركات ثنائية الأشواط** : وفيها تتم دورة التشغيل في شوطين للمكبس وهما الشوط الصاعد ويتم خلاله سحب الوقود وضغطه والشوط الهابط ويتم خلال احتراق الوقود والحصول منه على القدرة المطلوبة ثم طرد غازات العادم من فتحة طرد غازات العادم ويتم الشوطين الصاعد والهابط خلال لفة واحدة من عمود المرفق .

ثانيا : محركات مفردة أو مزدوجة التأثير:-

ويمكن تعريفهم كما يلي:-

أ- **محركات مفردة التأثير**: وهي المحركات التي يكون بها غرفة احتراق واحدة لكل اسطوانة بحيث تنحصر غازات الاحتراق في ناحية واحدة من رأس الاسطوانة والمكبس .

ب- **محركات مزدوجة التأثير** : وهي المحركات التي يكون بها في كل اسطوانة غرفتين للاحتراق حيث الغرفة الأولي هي الغرفة العلوية وتؤثر الغازات بها على السطح العلوي لغرفة الاحتراق والغرفة الثانية هي الغرفة السفلية وتؤثر الغازات بها على السطح العلوي للمكبس .

ثالثا : سرعة الدوران:-

يتم تصنيف محركات الديزل تبعاً لسرعة الدوران إلى الأنواع الآتية:-

أ- **محركات بطيئة السرعة (سرعة الدوران)** Low speed Engine : حيث تكون سرعة الدوران في حدود من 50 إلى 400 لفة لكل دقيقة وتستخدم هذه المحركات

في السفن البحرية والمحطات البخارية وتشغيل المضخات وهذه المحركات البطيئة السرعة تكون ذات أحجام كبيرة متعددة الاسطوانات وتستخدم الوقود الثقيل ولذلك فإن عملية الاحتراق للوقود تستغرق وقتاً طويلاً نسبياً لذلك تكون دورتها الحرارية أقرب مما يمكن إلى دورة ديزل النظرية ذات الضغط الثابت Pressure const .

ب- **محركات متوسطة سرعة الدوران** Medium speed Engine: تكون سرعة هذه المحركات في الحدود من 400 إلى 1000 لفة لكل دقيقة وتستخدم أيضاً في المحركات البحرية وقطارات السكك الحديدية والمحركات المستخدمة في ضخ المياه والغاز والنفط في خطوط التوزيع المختلفة وكذلك استخدمت كالآت مساعدة لتشغيل المولدات الكهربائية أو المضخات وكذلك لتوليد القوة المحركة لبعض السفن الخاصة مثل سفن الصيد والسفن الساحلية والسفن الكبيرة التي تتراوح حمولتها من 12000 إلى 15000 طن وتصل قدرة المحرك إلى 25000 حصان وتتنوع المحركات المتوسطة السرعة إلى المحركات الأفقية والرأسية وتفضل المحركات الرأسية لأنها تأخذ مساحة أرضية صغيرة.

ج- **محركات الديزل عالية سرعة الدوران** High speed Diesel Engines : تستخدم محركات الديزل عالية السرعة في السفن البحرية وقاطرات السكك الحديدية والجرارات الزراعية والمولدات الكهربائية .... الخ وتكون عدد لفاتها أكثر من 1000 لفة / دقيقة وتعمل هذه المحركات على وقود الديزل أو الوقود الذي تقل لزوجته عن 3500 ثانية ويذوب عند درجة حرارة 100 وتتميز هذه المحركات عالية سرعة الدوران بأنها صغيرة الحجم وتستخدم وقوداً خفيفاً نقياً وتقترب دورتها من دورة أوتو النظرية لان زمن الاحتراق صغيراً جداً نسبياً.

رابعا : تصنيف محركات الديزل طبقا شكل غرف الاحتراق:-

Classification due to combustion chamber type

حيث تصنف محركات الديزل على شكل وحجم غرف الاحتراق والذي توجد علاقة طرديه بين طول اسطوانة وحجمها وغرفة احتراق المحرك وبين نسبة

الانضغاط له ولذلك فإن نسبة انضغاط المحرك تدل على مقدار حجم المحرك حيث نسبة الانضغاط تعين من العلاقة الآتية .

$$\text{Compression ratio} = r_{com} = \frac{\text{حجم الشوط + حجم غرفة الاحتراق}}{\text{حجم غرفة الاحتراق}} = \frac{v_c + v_s}{v_c}$$

حيث V_c هو حجم غرفة الاحتراق.

Vs هو حجم المشوار أو حجم الشوط أو حجم الاسطوانة وبذلك يمكن تقسيم محركات الديزل بالنسبة لنسبة الانضغاط r_{com} كما يلي: -

أ- ففي المحركات الكبيرة ذات الحقن المباشر direct injection تتراوح نسبة الانضغاط بين 14:12.

ب- وفي المحركات الصغيرة ذات الحقن المباشر direct injection تتراوح نسبة الانضغاط بين 15: 19.

ج- وفي المحركات الصغيرة ذات غرفة الاحتراق المبدئي pre-combustion تتراوح نسبة الانضغاط والصمامات بين 16: 26.

خامسا : ترتيب الاسطوانات والصمامات بالمحرك:-

يتم تصنيف المحركات حسب عدد الاسطوانات إلى محركات مفردة الاسطوانة وأخرى متعددة الاسطوانات حيث تجهز معظم محركات الاحتراق الداخلي بأربعة اسطوانات أو ستة اسطوانات ... ويصل عدد اسطوانات محركات الطائرات إلى أربعة وعشرون اسطوانة وبذلك يمكن ترتيب اسطوانات المحرك بعدة طرق كما يلي :-

أ- المحركات المستقيمة (الخطية):-

يوضح الشكل(1-1) محرك بعدة اسطوانات مرتبة في صف واحد الاسطوانات في كتلة واحدة تسمع بكتلة الاسطوانات وتحتوى المحركات المستقيمة على عمود مرفق مشترك.

ب- محركات على شكل حرف V:-

الشكل (1-2) يوضح محرك (V) حيث تسبك كتلة الاسطوانات بهذا المحرك على شكل حرف (V) وتستخدم هذه المحركات عمود مرفق واحد ويتميز هذا النوع كما يلي:-

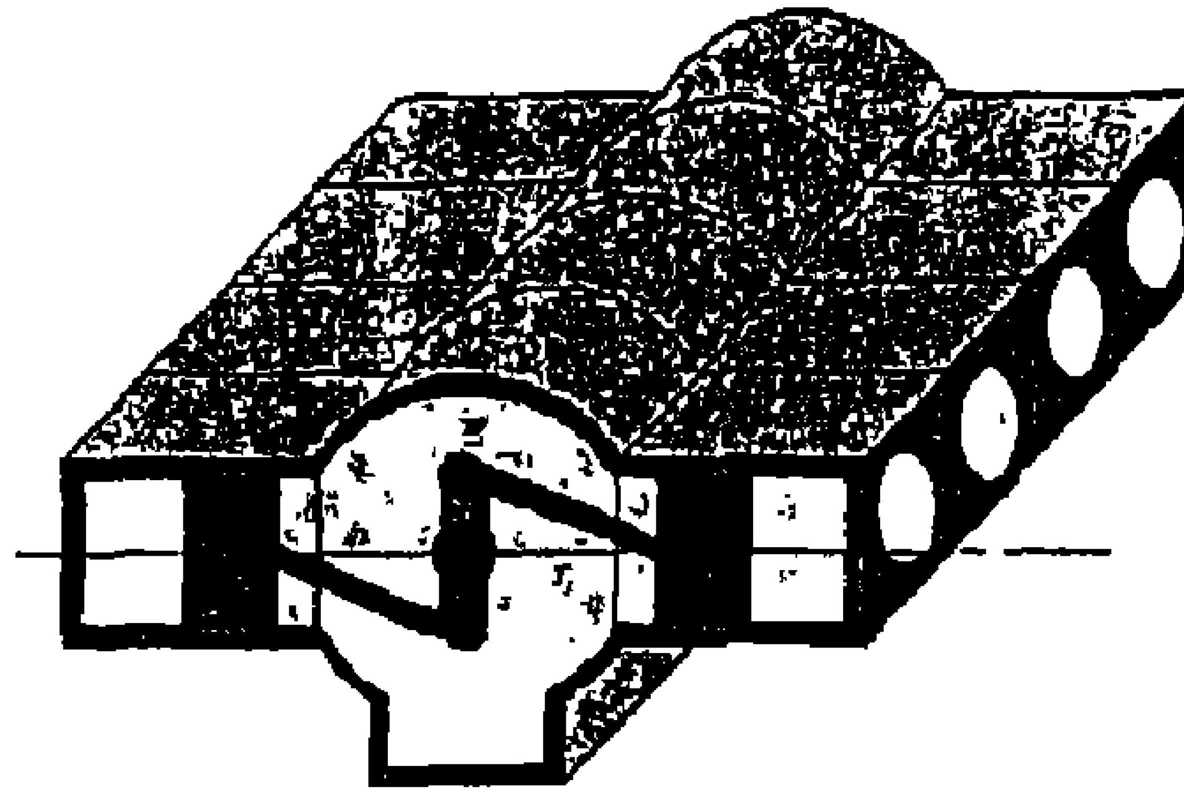
1- أن المحركات القصيرة الطول تكون امتن بنياناً وهو يسمح باستخدام سرعات وضغوط عالية لإعطاء قدرة عالية.

2- ترتيب الاسطوانات على شكل حرف V يجعل كتلة المحرك قصيرة وخفيفة.

3- يسمح هذا الترتيب (على شكل حرف V) باستعمال مجمع سحب لكي يجعل توزيع الشحن منتظمة بين الاسطوانات.

ج- محركات مسطحة متقابلة:-

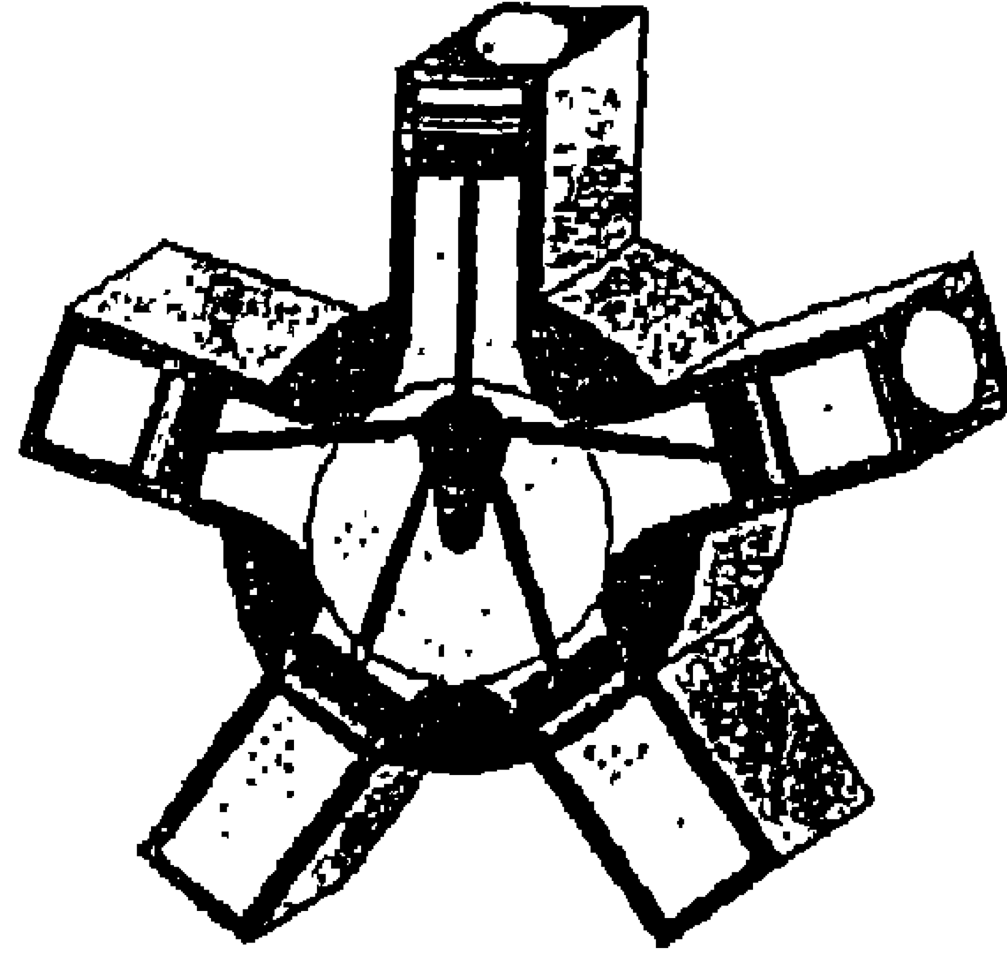
يوضح الشكل (1-3) محرك دائري متقابل حيث تثبت الاسطوانات بحيث تكون متقابلة على حوض واحد ومجموعة مرفق مشترك.



الشكل(1-3) محرك مسطح بثماني اسطوانات

د- المحرك الدائري:-

يوضح الشكل (1-4) محرك دائري يحتوى على عدد من الاسطوانات المثبتة قطرياً على مرفق مشترك وتعمل جميع أذرع التوصيل على مرفق واحد وتبرد المحركات الدائرية تبريداً هوائياً في الغالب وينتشر استخدام هذا النوع من المحركات بالطائرات.

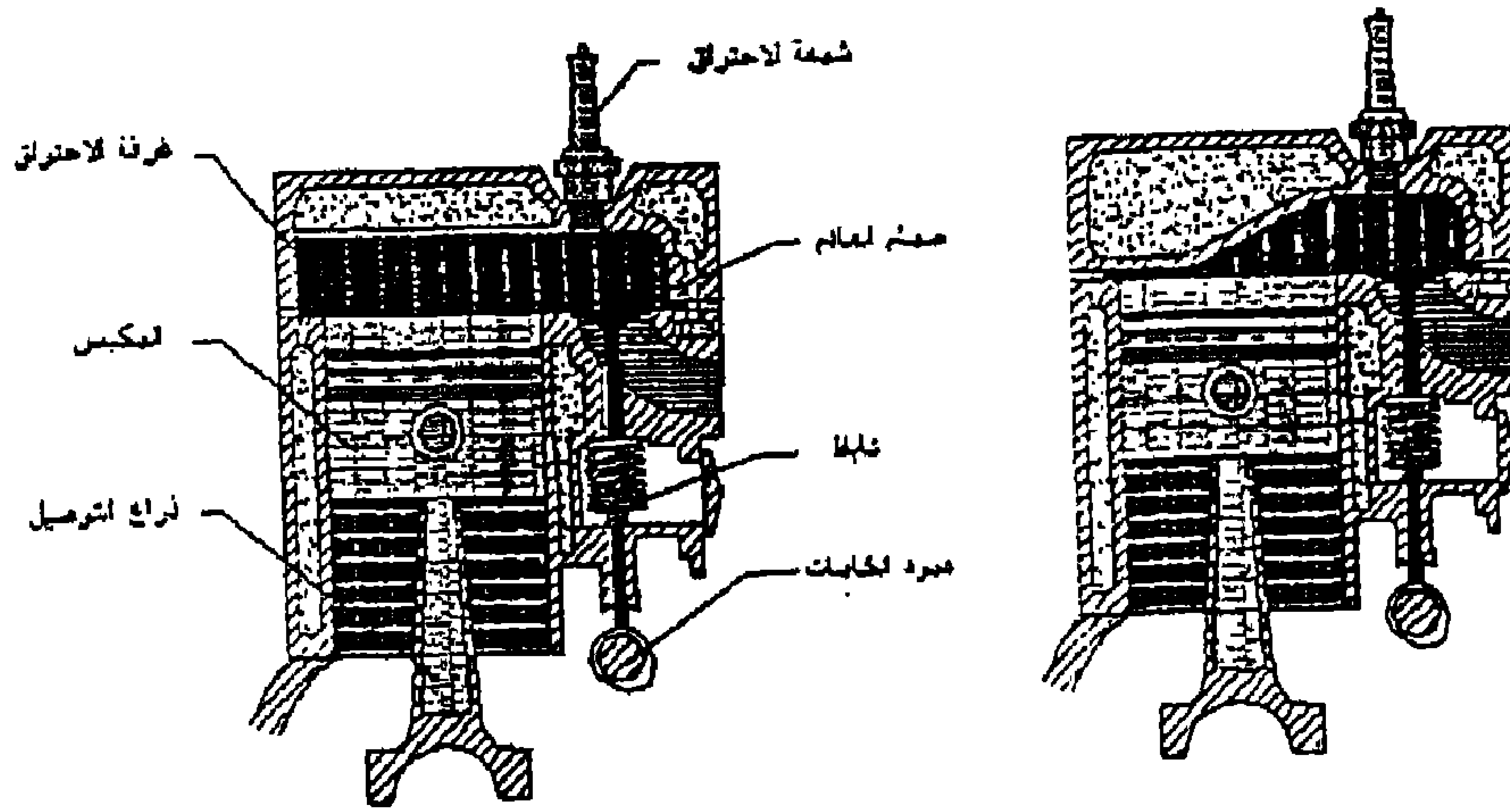


الشكل (4-1) محرك دائرى بخمسة اسطوانات

هـ: المحرك الذي تتوزع فيه الاسطوانات على شكل دلتا وتتقابل محاور الاسطوانات المتواجهة لتشكل ما يعرف بحرف D.

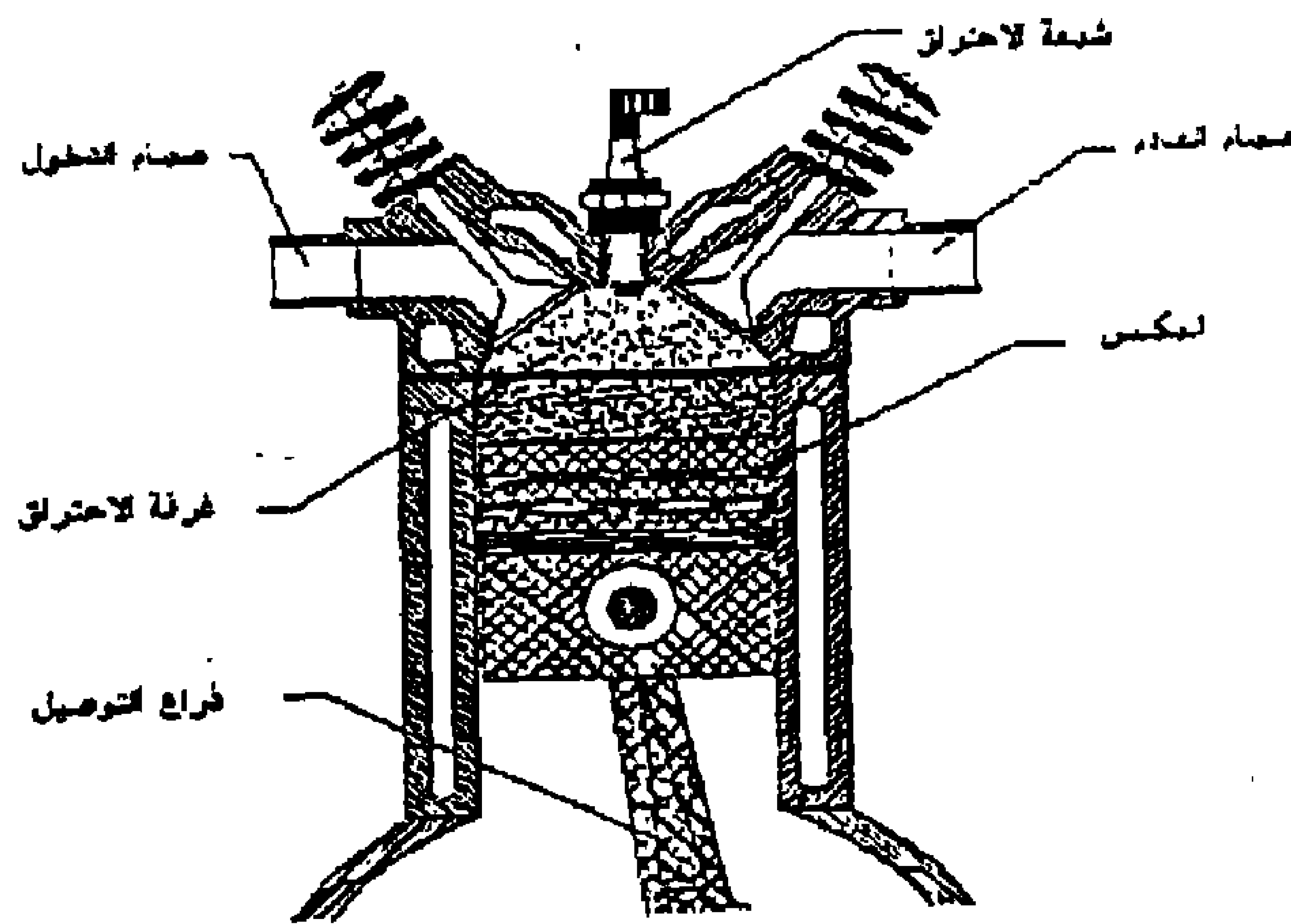
سادسا : تصنيف المحركات طبقا لترتيب الصمامات:

1- ترتب الصمامات بالمحركات على شكل حرف (L) ذات غرفة الاحتراق ذات الصمامات الجانبية والتي تمتاز بسهولة الصيانة وتنظيف غرف الاحتراق من رواسب الكربون وذلك لإمكانية فتح غرف الاحتراق دون الحاجة إلى فك الصمامات ولكن توجد بعض المساوئ بهذا النوع من غرف الاحتراق وهي ضعف تجانس الوقود مع الهواء لعدم وجود الدوامية أو الاضطراب الجيد للخليط كما مبين بالشكل (1-5-a) وقد تم تحسين أداء هذا النوع من الغرف حتى أصبحت ذات دوامية أو اضطراب جيد للوقود كما بالشكل(5-1).



الشكل(1-5) غرفة الاحتراق ذات صمامات على شكل حرفL

2- ترتب الصمامات على شكل حرف I ويعتبر هذا الترتيب على شكل حرف I أكثر انتشاراً بالمحركات لأنه يمكن المصمم من الوصول بالمحركات إلى نسب انضغاط عالية وكذلك يمكن تصغير حجم الخلوص بدرجة محسوسة إذا ما قورنت بالمحركات ذات الصمامات التي على شكل حرف (L) والشكل (1-6) يوضح ترتيب الصمامات على شكل حرف I وتسمي بالمحركات ذات الصمامات العلوية لان الصمامات تركب في رأس الاسطوانات.



الشكل (1-6) غرفة الاحتراق ذات الصمامات على شكل حرف I

سابعا : تصنيف المحركات طبقا لطريقة الدوران:-

يتم تقسيم محركات الديزل حسب طريقة الدوران إلى نوعين كما يلي:-

أ- اتجاه دوران المحرك ثابت:-

يكون اتجاه دوران المحرك في اتجاه واحد وثابت لا يمكن تغييره سواء كان الدوران في اتجاه أو ضد اتجاه دوران عقرب الساعة.

ب- اتجاه دوران المحرك غير ثابت:-

وفي هذه المحركات يمكن دوران المحرك إما في اتجاه حركة عقارب الساعة أو في اتجاه عكس حركة عقارب الساعة ولتغيير اتجاه دوران المحرك يلزم إيقاف المحرك أولاً ثم تستخدم منظومة معينة تعمل على تغيير اتجاه دوران المحرك في الاتجاه المطلوب دورانه عليه سواء كان في اتجاه أو عكس اتجاه دوران عقرب الساعة وينتشر هذا النوع من المحركات المستخدمة بالسفن والتي تعتبر المحرك الأساس بالسفينة.

ثامنا : تصنيف المحركات طبقا لنوع الوقود المستعمل محركات الديزل:-

تنقسم أنواع محركات الديزل إلى ثلاثة أقسام حسب الوقود المستخدم بها كما يلي:-

أ- محرك يستخدم وقود الديزل وهو يعتبر أكثر أنواع محركات الديزل انتشاراً حيث يستخدم فيه وقود ديزل سائل خفيف نسبياً.

ب- محرك الوقود الغازي ويستخدم هذا النوع الغازات الطبيعية أو البترولية لتوليد القدرة بعد احتراقها في اسطوانات المحرك.

ج- محرك يستخدم الوقود الثقيل (heavy fuel) وهذا النوع من المحركات يستخدم فيه الوقود الثقيل اللزج لتوليد القدرة عن دورانه بالحمل الكامل.

تاسعا : تصنيف المحركات طبقا لنوع الحقن بغرفة الاحتراق:-

ينقسم الحقن في غرفة الاحتراق إلى نوعين كما يلي:-

أ- الحقن المباشر Direct injection:-

يستخدم الحقن المباشر في المحركات بطيئة السرعة Low speed حيث نسبة الانضغاط تكون في الحدود (12 إلى 15) .

ب- والمحركات متوسطة السرعة Medium speed:-

وتكون نسبة الانضغاط في المحركات متوسطة السرعة في الحدود (20 إلى 25) .

عاشراً : تصنيف المحركات طبقاً لنسبة الشوط إلى القطر : $(\frac{S}{B})$ حيث S هي المشوار (stroke) ، B هي القطر (Bore) تختلف نسبة الشوط إلى القطر بالنسبة لسرعة المحرك كما يلي :

في المحركات ذات السرعة البطيئة low speed تكون النسبة $(\frac{S}{B})$في حدود (1.2~3.5) وفي المحركات متوسطة السرعة Medium speed تكون النسبة $(\frac{S}{B})$ في حدود (0.9 - 1.3) بينما في المحركات السريعة تكون النسبة $(\frac{S}{B})$ في حدود (0.9-1.1), وكذلك يختلف قطر الاسطوانة باختلاف سرعة المحرك وتكون في حدود معينة كما يلي:

في حالة المحركات بطيئة السرعة Low speed يكون القطر في حدود من 150 إلى 900 مليمتر وفي حالة المحركات متوسطة السرعة يكون القطر في حدود من 80 إلى 15 مليمتر وفي حالة المحركات عالية السرعة يكون القطر في حدود من 70 إلى 95 مليمتر.

3-1 استخدامات محرك الديزل:-

نظراً لتنوع وتصنيف محركات الديزل فإن لكل نوع استخدامات معينة تتوقف على متطلبات التشغيل وقدرة المحرك ولهذا فإنه لايوجد نوع واحد يفي بكل الاحتياجات المطلوبة ولذلك تستخدم محركات الديزل عالية القدرة في كثير من الأغراض الصناعية مثل محطات توليد القوى الكهربائية أو ضخ المياه الجوفية أو في وسائل النقل والمواصلات مثل السفن البحرية وقاطرات السكك الحديدية كما يلاحظ أن محركات الديزل عالية القدرة وبطيئة السرعة تنافس جميع محركات البخار في مدي القدرات حتى 50 kw حيث توجد عوامل كثيرة تعوق محرك الديزل لإنتاج قدرات أعلى من ذلك ومن هذه العوامل ما يلي :-

1- زيادة التآكل والبري بين أسطح أجزاء المحرك المتحركة نظراً لزيادة وزنها وكبر حجمها.
2- ظهور مشاكل كثيرة في دورات التبريد والتزييت وكذلك تعقد مشاكل التشحيم.
3- صعوبة إدارة المحرك نظراً لتزايد مشاكل دوره هواء بدء المحرك اللازم ونظراً للعوامل السابقة تحد من محركات الديزل عالية القدرة فإن الأبحاث حالياً تتجه إلى استخدام محركات الديزل ذات القدرات المتوسطة والسرعات العالية والتي تنافس محرك البنزين حيث يتم استخدامها في السيارات الشاحنات والقوارب والزوارق وكذلك استخدامها في توليد الطاقة الكهربائية ومضخات الحرائق وضواغط الهواء والروافع والمعدات الثقيلة والبلدوزرات والجرارات والهراسات والاوناس ... الخ.

4-1 الأجزاء الرئيسية لمحرك الديزل:-

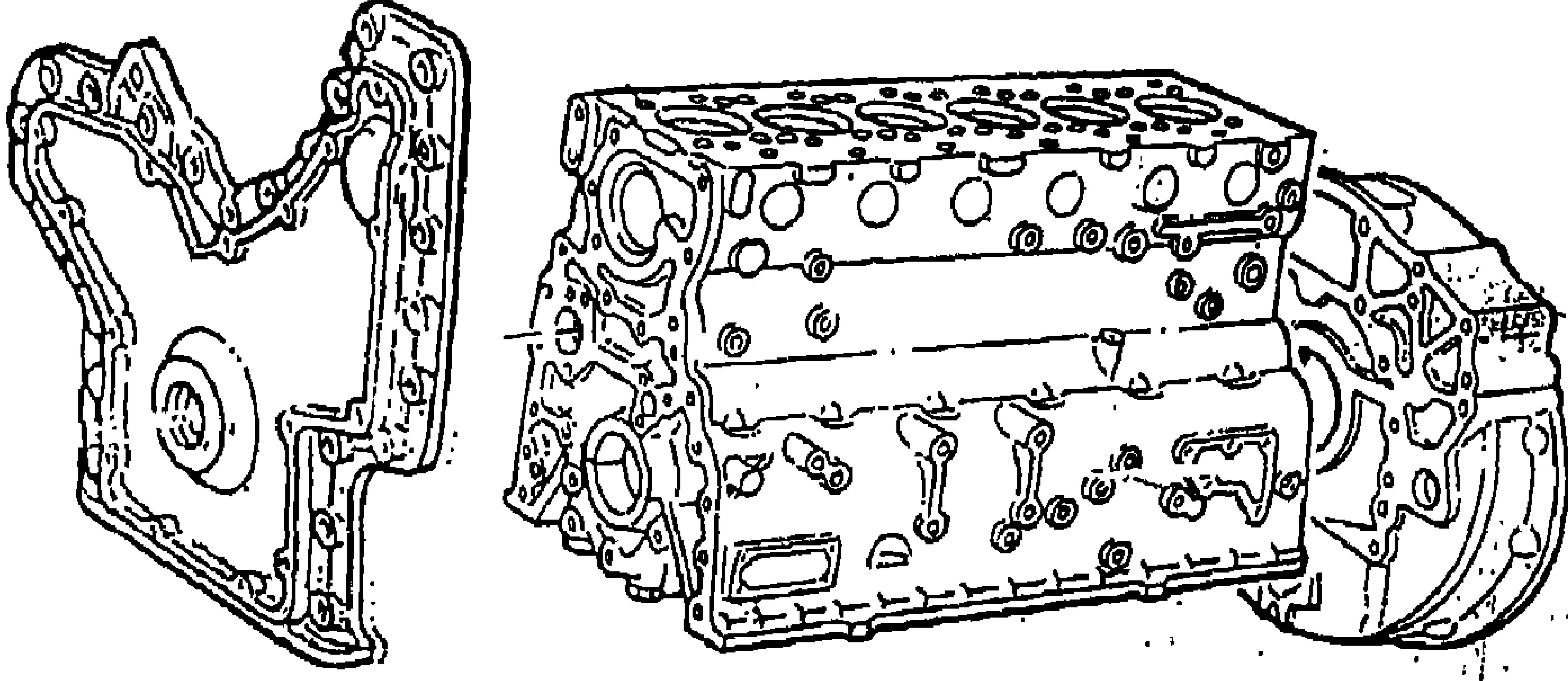
تتركب محركات الديزل من أجزاء ثابتة وأخرى متحركة ، والأجزاء الرئيسية والأساسية الثابتة هي كتلة الاسطوانات وعليه المرفق وكراسي التحميل

وغطاء الاسطوانات والأجزاء المتحركة هي المكبس وذراع التوصيل وعمود المرفق (عمود الكرنك) والصمامات والحدافة وعمود الكامات.

أولا : الأجزاء الأساسية الثابتة :-

1- كتلة الاسطوانات (Cylinder Block):-

تعتبر كتلة الاسطوانات الهيكل الرئيسي للمحرك وهي تسبك من كتلة واحدة من الحديد الرمادي أو من سبيكة النيكل والكروم وتخلط بنسب معينة من الحديد لتعطي متانة وصلابة حتى لا تتآكل بعد مدة قصيرة وأحياناً تصنع من الألمونيوم لان هذه المادة لها قوة الحديد الزهر وتمتاز بخفة وزنها وعند استخدام الألمونيوم في صناعتها يركب لها قمصان أو جلب (Liners) من الحديد الزهر أو من الصلب وذلك لصلابتها وتكون درجة التآكل بها منخفضة بالمقارنة بمادة الألمونيوم وتصنع كتلة الاسطوانات بصب المعدن المنصهر في صندوق يصنع عادة من الرمل وتترك فتحات في الكتلة لقمصان التبريد وفتحات الصمامات وممرات مياه التبريد وذلك بوضع قوالب مسبوكة رملية لها حجم وشكل هذه الفتحات قبل الصب وبعد انخفاض درجة حرارة كتلة الاسطوانات وتبرد تجري عليها عمليات التشغيل لضبط المقاسات المطلوبة للاسطوانات والفتحات وكذلك حتى يكون تجويف الأسطوانة دائرياً تماماً وعند درجة تامة من النعومة لكي يقل الاحتكاك بين سطحها الداخلي وبين المكبس أثناء حركة المكبس داخلها كما الشكل (7-1).



الشكل (7-1) يوضح كتلة الاسطوانة وغطاء تروس التوقيت

2- رأس الاسطوانات Cylinders head:-

وهو الجزء الثاني المكمل لكتلة الاسطوانات ويركب عليها من أعلى عن طريق روابط أو براغي (مسامير) وهي في العادة قطعة واحدة وتستعمل لها عادة سبيكة الألمونيوم حيث أنها تجمع بين خفة الوزن والدرجة العالية لتوصيل الحرارة وهذه الخاصية الأخيرة غير مرغوب فيها لضمان التبريد والناتج من الاحتراق الحادث في غرفة الاحتراق ومنع تكوين أماكن ساخنة تسبب إشعال ، ويوجد برأس الاسطوانة تجويف يسمي غرفة الاحتراق وهو المحصور بين المكبس والسطح الأسفل لرأس الأسطوانة وهو الحيز الذي يحترق فيه الوقود وتتحدد فيه الغازات حيث تتحول الطاقة الحرارية للوقود إلى طاقة ميكانيكية تتمثل في القوة المؤثرة على سطح المكبس لتدفعه إلى الحركة من النقطة الميتة العليا Top Dead Center (T.D.C) وهي بداية مشوار حركة المكبس من قمة الأسطوانة إلى النقطة الميتة السفلي Bottom Dead Center (B.D.C) وهي اقرب نقطة يصل إليها المكبس أثناء حركته إلى أسفل حيث هذه القوة Force تتولد نتيجة ارتفاع الضغط نتيجة احتراق الشحنة بغرفة الاحتراق حيث القوة تساوي حاصل ضرب الضغط (P) في مساحة سطح المكبس A_p أي أن:

$$Force\ (F) = P \cdot A_p$$

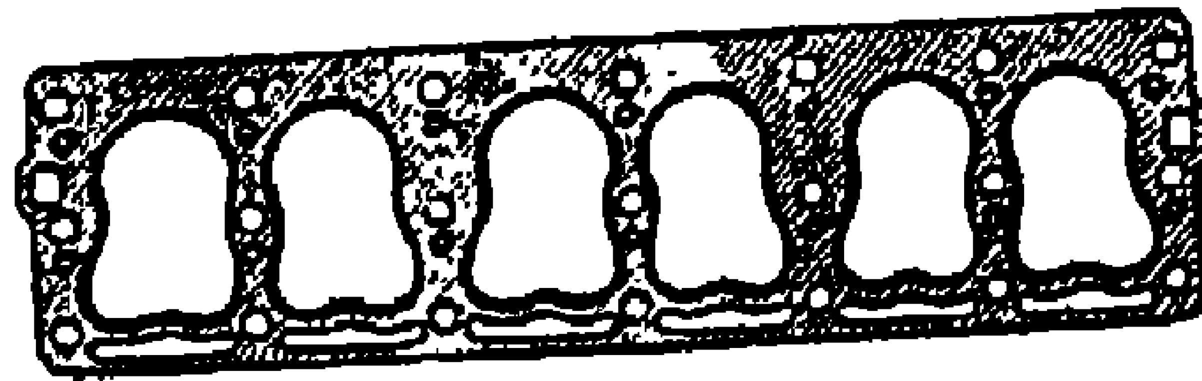
Where P = Pressure

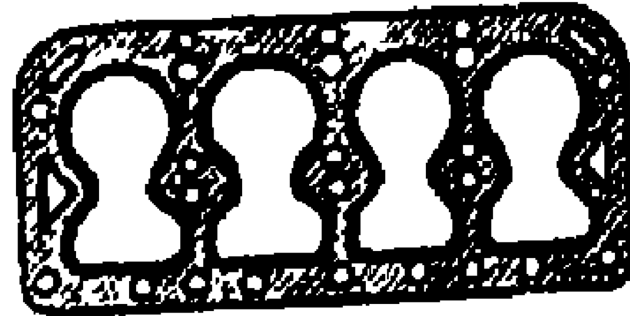
ويراعي في غرفة الاحتراق أن تسع أكبر كمية من الغاز في أقل حيز ممكن وأقل مساحة سطحية بالنسبة لحجم فراغها حتى تقل الحرارة المفقـودة فـي التبريـد وأفضل شكل هندسي يفي بهذا الغرض هو الشكل الكروي وهناك عـدة تـصميمات مختلفة لشكل غرف الاحتراق .

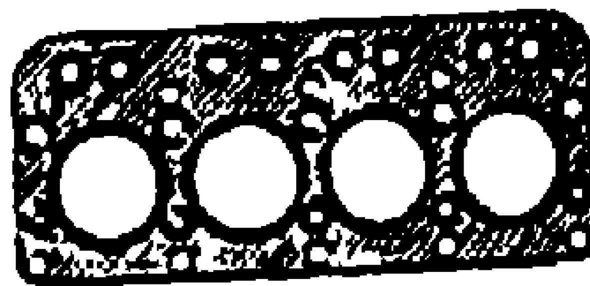
3ـ الحاشيات أوالجوانات:ـ

وهي توضع بين رأس الاسطوانة وكتلة الاسطوانات حتى تكون الوصلة بينهما محكمة ولا يتسرب فيها الضغط والماء ويجب أن تكون لها خاصة تحمـل الـضغط ودرجة الحرارة الناتجة

في الاسطوانات نتيجة احتراق الشحنة وهي تصنع من ألواح رقيقة مـن الـصلب أو النحاس وبينهما اسبستوس أو من النحاس الخالص وتوجد بالحاشيات فتحـات المـاء والاسطوانات والصمامات ومسامير لربط رأس الاسطوانات بكتلة الاسطوانات بحيث تربط مسامير الرأس جيداً وذلك بمفتاح عزم ويكون نظام الـربط حـسب تعليمـات الشركة كما في الشكل (8-1) .







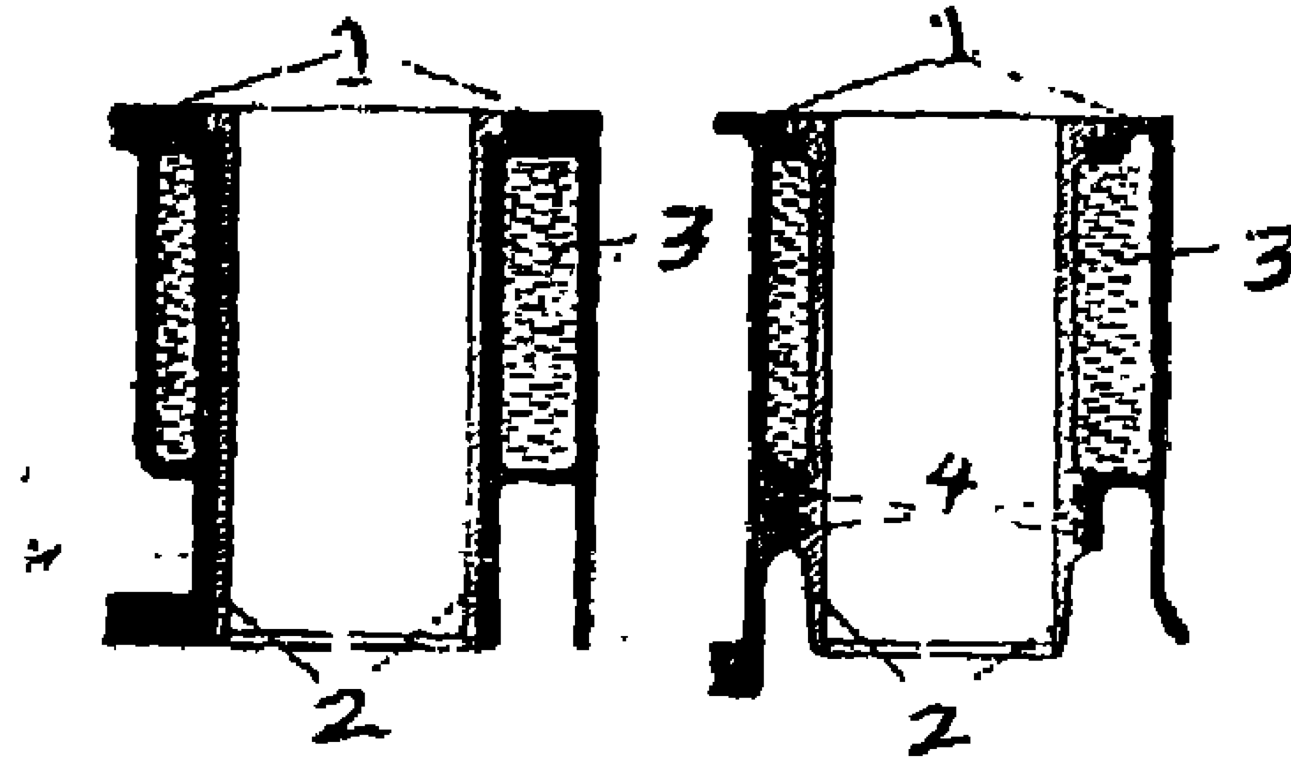
الشكل (8-1) يوضح حاشيات رأس الاسطوانة

4ـ جلبة الاسطوانة Liner :ـ

يجب تزويد الاسطوانة بجلبة داخلية وذلك لكي يمكن تغيرها عند تأكلها أي عندما يتآكل التجويف الاسطواني لجلبة الاسطوانة ويوجد نوعان لجلب الاسطوانات كما في الشكل (1-9-a-b) وهما كما يلي :-

أ- الجلبة الجافة Dry Liner :-

تصنع الجلبة الجافة من الزهر المسيول أو الصلب السبائك بسمك 2.5مم وتغير هذه الجلب عند العمرة الكاملة للمحرك وهي تشحط في الاسطوانة (تكبس في الاسطوانة) أما عبر طريق التبريد أو التسخين أو بواسطة زراجين خاصة مع ملاحظة خرط الجلبة من الداخل والخارج حتى يكون السطحين الداخلي والخارجي ناعمين تماماً ويتم شحطها بالاسطوانة حتى تكون الجلبة بمثابة بطانة داخلية للاسطوانات .



الشكل (9-1) يوضح أنواع جلب الاسطوانات الجافة والمبتلة

ب- الجلبة المبتلة Wet liner :-

الجلبة المبتلة هي التي يلامس سطحها الخارجي ماء التبريد مباشر وهي تصنع أيضاً من الزهر السبائكي المصبوب الذي يحتوى على قليل من النيكل والمنجنيز وأحياناً يضاف الكروم والموليبديم ثم تجلخ الصلب من الداخل وتصقل وذلك لتقليل تأكل الجلبة وحلقات المكبس ويجب مراعاة وجود مسام دقيقة في سطح الجلبة الداخلية للمحافظة على وجود طبقة من زيت التزييت على السطح ويجب أن يكون سمك هذه الجلب مناسب للضغوط العالية للمحرك .

5- علبة المرفق (Crank box) :-

تكون علبة المرفق بمثابة فرش المحرك حيث تثبت عليه الاسطوانات والأجزاء المختلفة للمحرك وتكون ما يشبه الصندوق ومن حول المرفق وهي ليست ذات شكل هندسي منتظم وتحوى بداخلها تجويف كافي للمرفق وذراع التوصيل لأداء حركتها أثناء التشغيل وهي إما أن تصنع من جزئين أو تمتد جدران الاسطوانات إلى أسفل مكونة النصف الأعلى للعلبة حيث تحتوى على كراسي المرفق وكراسي عمود الكامات ويطلق على الجزء السفلي أسم حوض الزيت لاحتوائه على زيت التزييت قابلا الفصل لإمكان ضبط كراسي المحاور .

6- كراسي المحاور (Bearings) :-

يطلق على الكراسي التي تحمل عمود المرفق ويدور فيها اسم الكراسي الرئيسية (كراس التحميل) ويتركب كرسي المحور عادة من جزئين أو نصفين يقع أحدهما أسفل الأخر حيث النصف الأعلى تم تشكيله في علبة المرفق ويثبت معه النصف الأسفل (الغطاء) بواسطة مسامير قلاووظ ويوجد نوعين من الكراسي أحدهما ذو لقم منفصلة والأخر مبطن مباشرة بالسبيكة.

7- لقم الكراسي :-

لقم الكراسي هي الجزء الملامس للمحور مباشرة وتعتبر لقم الكراسي هي الجزء الملامس للمحور مباشرة وتصنع عادة من معدن ذو مقاومة احتكاكية قليلة وتتحمل الضغوط العظيمة والسرعة العالية والحرارة المرتفعة أثناء الحركة وتصنع هذه اللقم من البرونز ويعتبر البرونز شديد الصلابة لذلك تتحمل اللقم المصنوعة منه مدة طويلة بعكس اللقم المغطاة بطبقة من السبيكة البيضاء فإنها لا تتحمل العمل إلا لمدة قصيرة إلا أن اللقم البرونزية تحتاج إلى نسبة أكبر من زيت التزييت عنها من اللقم المصنوعة من السبيكة البيضاء ، وتعتبر السبيكة البيضاء الأكثر استعمالاً لجودة كفاءتها ورخص ثمنها وعدم احتياجها لزيت كثير وكذلك لسهولة سبكها .

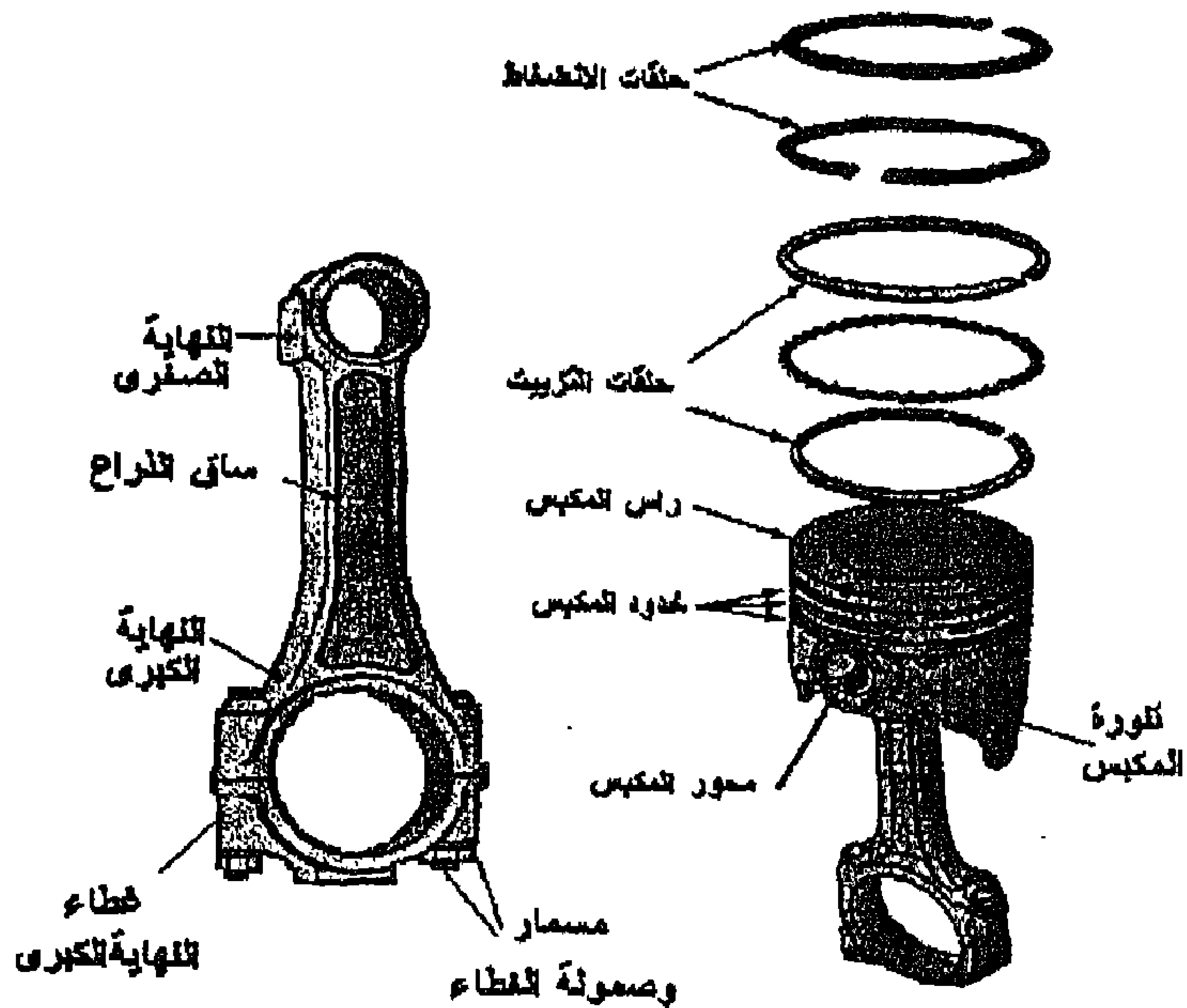
8- المكبس Piston:-

يعتبر المكبس اسطوانة كبيرة مفتوحة عند القاع ومغلقة من أعلى ويتصل بذراع التوصيل عند النهاية الصغرى لذراع التوصيل ويتحرك المكبس إلى أعلى وإلى أسفل ضاغطا خليط الهواء والوقود في شوط الضغط وطار غازات العادم في شوط الطرد مسبباً تفريغ في الاسطوانات في شوط السحب الذي يسببها تدخل الشحنة (خليط من الوقود والهواء بنسبة معينة في محركات البنزين أو هواء فقط في محركات الديزل) إلى غرفة الاحتراق .

تصنع المكابس من سبيكة الألمونيوم لأنها تمتاز بخفة الوزن والذي يناسب المحركات السريعة ويكون التعجيل فيها بصورة أسهل . وقد ترتفع درجة حرارة المكبس إلى درجة عالية وهذا يسمح باستخدام معدلات الضغط أعلى من المسموح بها بالمقارنة بالمكابس المصنوعة من الحديد الزهر إلا أن لهذه المكابس عدة عيوب ومنها هو أن قيمة معامل التمدد يكون كبير وهذا يستلزم أن تكون عملية التشغيل والضغط في غاية الدقة .

وقد أمكن علاج العيب الأول عن طريق سبك أعضاء أو حلقات من سبيكة صلب (الأنفار) داخل المكبس حيث أن هذه السبيكة لها معامل تمدد ضئيل (صغير) وبهذا يمكن تقليل تمدد المكبس وتوجد طريقة أخرى لتقلل تمدد المكبس أيضاً وهي عمل طريق أو قطع مشطوف أو مجاري مستطيلة في المكابس تحت حلقة الزيت الأخيرة مباشرة والتي تعمل على تقصير الطريق للحرارة المنتقلة خلال رأس المكبس إلى الجذع وقد يقطع شطف راسي في جذع المكبس (وهو الجزء الأسفل من المكبس) متعامد على القطع أو الشطف الأول وفي نفس الوقت تتعامد مع ثقوب محور الذراع تقريباً وهذا الشطف يسمح بتحدد المكبس بدون زيادة في القطر وفي بعض أنواع المكابس تكون بيضاوية وهي باردة وعندما تبدأ هذه المكابس في السخونة أثناء التشغيل فإنها تأخذ بالتدريج الشكل المستدير إلى أن تصل الاستدارة الكاملة عند

درجات الحرارة الكاملة أي أن مساحة تلامسها مع الأسطوانة تـزداد مـع درجـات الحرارة وتوجد أنواع من المكابس المشقوقة على شكل حرف (T) وهي تؤدي نفـس عمل المكابس المشقوقة على شكل حرف (U) وعادة يكون قطر المكبس السفلي حيث أن القطر معرض إلي درجة حرارة أعلى من بدن المكبس السفلي ويوضـح الـشكل (1-10) المكبس وذراع التوصيل معاً .

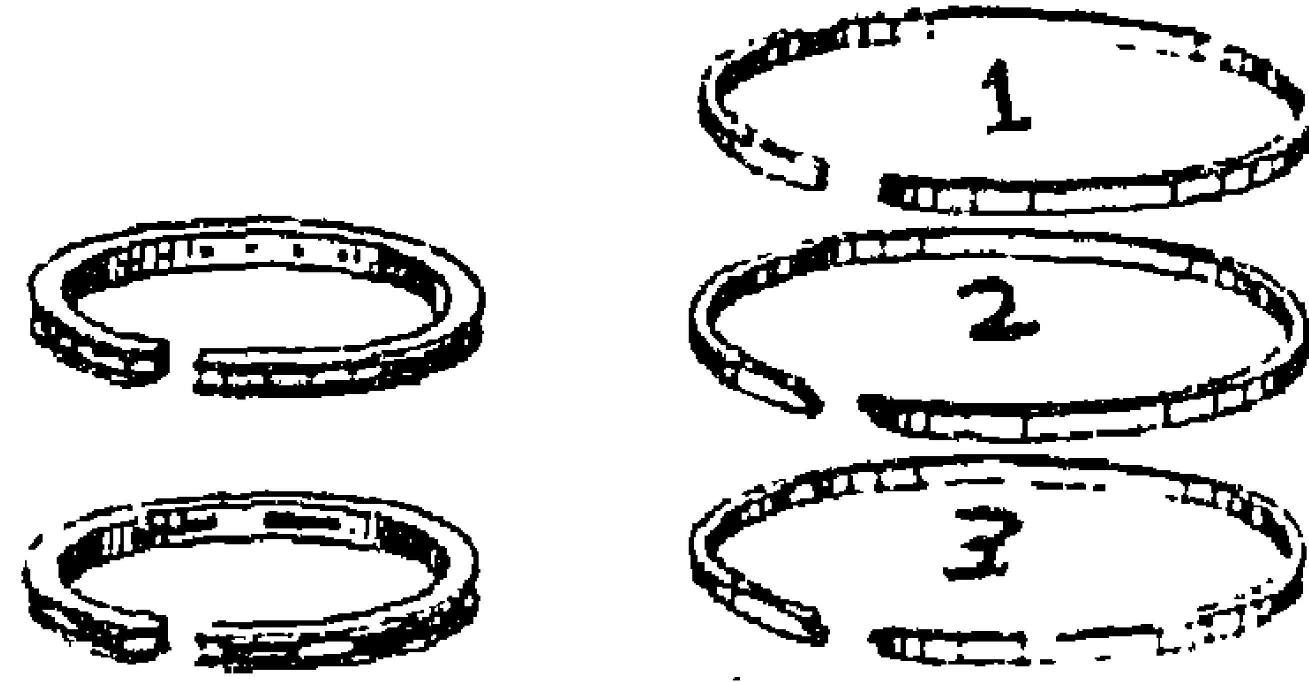


الشكل (1-10) يوضح المكبس وذراع التوصيل

9- حلقات المكبس Piston Rings :-

يوجد بالجزء العلوي للمكبس مجاري تدخل فيها الحلقات التي تحقق الأحكـام الكافي لمرونتها وضغطها على جدران الأسطوانة الداخلية ، وعن طريق هذه الحلقات يمكن تسحين أداء المحرك لأنه عن طريقها تمنع هروب الشحنة وبالتالي عدم تغييـر استدارة المحرك وأيضا عدم تسرب الزيت إلى غرفة الاحتـراق وتكـوين رواسـب كربونية والتي تسبب سبق الاشتعال وسخونة المحرك وكذلك عدم تراكم الزيت بثغره الاشتعال وتصنع الحلقات من الزهر الرمادي المسبوك وأحياناً من الصلب الـسبائكي

وكلا المعدنيين قادر على تحمل درجة الحرارة العالية ويوجد نوعان لحلقات المكبس كما في الشكل (11-1) وهي كما يلي :-



الشكل (11-1) يوضح حلقات المكبس (حلقات الضغط والزيت)

أ- **حلقات الضغط** Pressure ring :-

وهي الحلقات التي توجد في الجزء العلوي من المكبس وفائدتها إحكام الضغط داخل اسطوانات المحرك ومنع تسرب الغاز إلى صندوق عمود المرفق ، وتصنع هذه الحلقات من الحديد الزهر أو الصلب المعامل حرارياً لمقاومة التآكل ويكون مقطع هذه الحلقات أما مستوي تماماً أو يكون بها مجري وفائدة هذا النوع الأخير هو انه أثناء شوط القدرة يرتفع ضغط الشحنة المحترقة في غرفة الاحتراق نظراً لأنه يحدث تلامساً كامل بين سطح الحلقات وجدار الاسطوانات ولهذا تعتبر الحلقات مانع تسرب جيد وفي أثناء شوط السحب تقوم الحلقات بكشط الزيت ما عدا جزء صغير من الزيت يتبق على سطح كلا من الاسطوانة والمكبس لتسهيل الحركة ومنع التآكل وتعمل حلقات الضغط على نقل الحرارة من المكبس إلى الاسطوانة ومنه إلى مياه التبريد .

ب- حلقات التحكم في الزيت (حلقات الزيت) Oil rings :-

وهي توضع أسفل حلقات الضغط بالمكبس وهي تعمل على منع الزيت الزائد من الصعود داخل غرفة الاحتراق وكذلك يعمل أيضاً على كشط الزيت وإرجاعه إلى علبة المرفق حاملاً معه جزئيات الكربون المتكونة وذرات التراب الداخل إلى المحرك وكذلك يعمل على انتقال الحرارة من المكبس إلى جدار الأسطوانة ومنها إلى مياه التبريد.

ج- الحلقات الموسعة :-

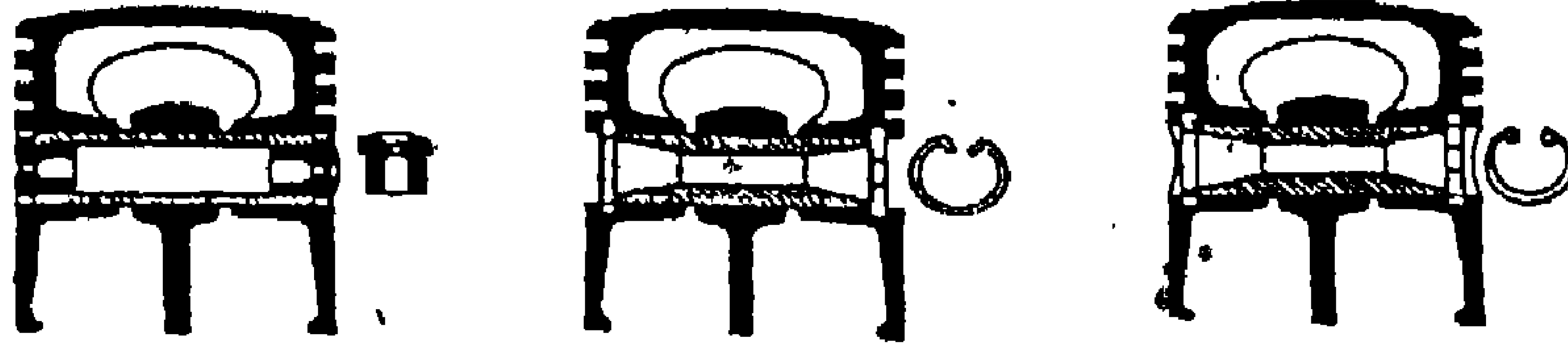
وهي عبارة عن حلقات نابضة مصنوعة من الصلب على شكل حلقات محورية توضع خلف حلقات الضغط فتزيد من انضغاط حلقات الضغط على جدران الاسطوانة لمنع هروب الشحنة إلى صندوق عمود المرفق وكذلك توضع خلف حلقات الزيت لزيادة التحكم في ضغط حلقات الزيت على جدران الاسطوانة أيضاً ومنع وصول الزيت الزائد إلى غرفة الاحتراق .

10- بنز المكبس Piston pins :-

يصنع بنز المكبس من الصلب السبائكي ويستخدم البنز في توصيل المكبس بذراع التوصيل connecting rod بحيث يسمح لذراع التوصيل بالحركة بحرية حول البنز وذلك للسماح لذراع التوصيل بالحركة الترددية والتي يتم خلالها تحويل الحركة الخطية للمكبس إلى حركة دورانية لعمود المرفق حيث تتصل النهاية الصغرى small end الذراع التوصيل بالمكبس عن طريق البنز وتتصل النهاية الكبرى Big End لذراع التوصيل بعمود المرفق Crank shaft كما بالشكل (1-12) ويصنع بنز المكبس piston pin مجوفا وبقطر مناسب ليحمل القوى المؤثرة عليه وذلك لتخفيف الوزن ويمكن تثبيت البنز مع ذراع التوصيل بعدة طرق كما يلي :-

أ- استخدام حلقتين أو وردتين حافظتين موضوعتين في أخدودين (تجويف) على جانبي البنز وذلك لمنع حركة البنز العرضية .

ب- يمكن تثبيت بنز المكبس عن طريق نابض زنبركي صغير تسمي (بحلقة زنق) حيث يسمح بمرور البنز داخل تجويف المكبس إلى أن يصل البنز إلى وضعه النهائي وعندها يقفز النابض (حلقة الزنك) داخل أخدود محور البنز كما بالشكل (1-15) .



الشكل (15-1) بنز الكباسات الطافية

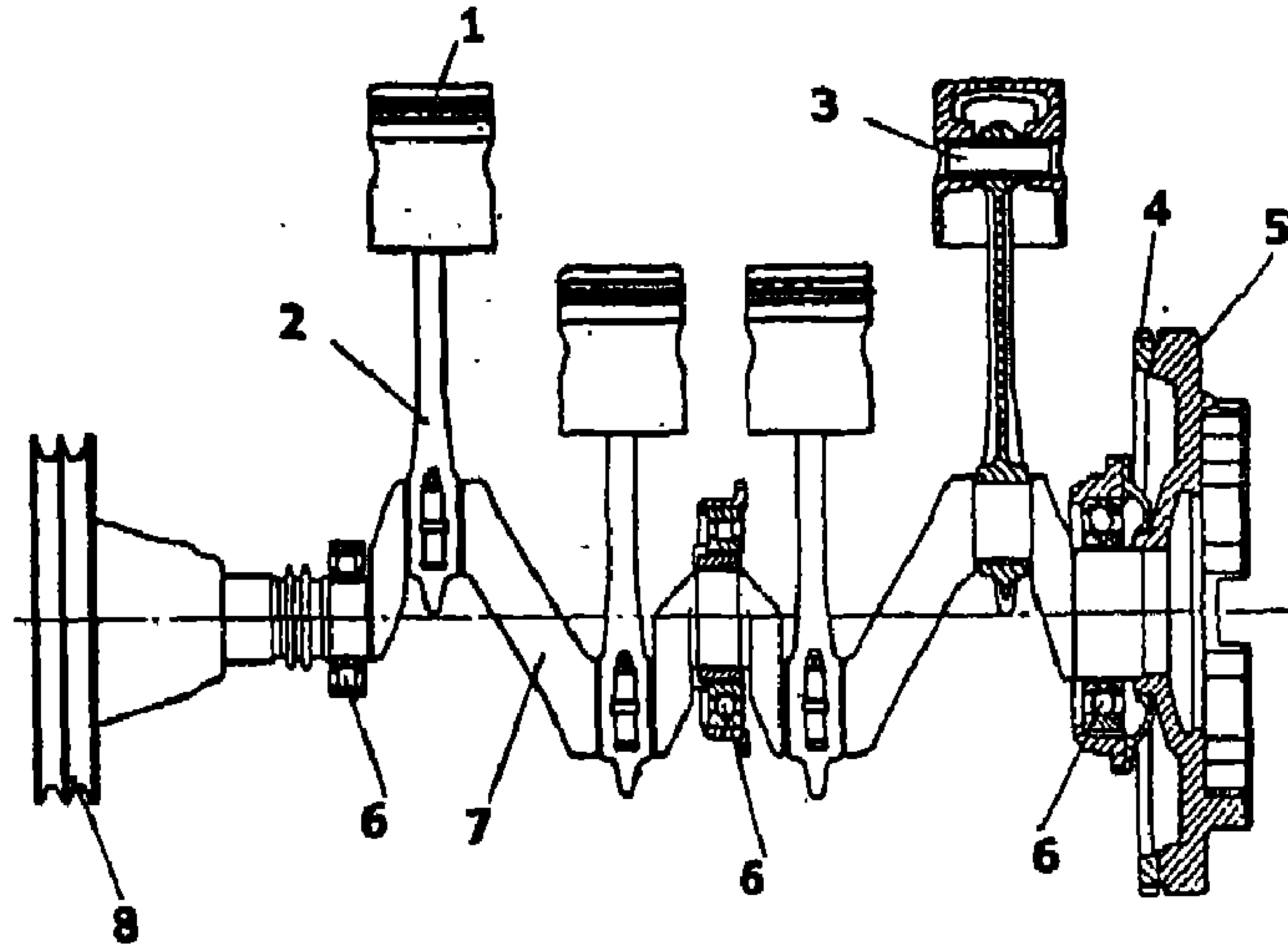
ج- يمكن تثبيت البنز بالمكبس عن طريق تسخين المكبس بجهاز التسخين أو بالماء المغلي فيتمدد المكبس قليلاً ويزداد قطر التجويف الخاص بوضع البنز بالمكبس قليلاً ويزداد قطر التجويف الخاص بوضع البنز بالمكبس وذلك للسماح للتبريد حوله في موضعه وعندما يبرد المكبس لا تحدث حركة للبنز داخل تجويف المكبس وذلك بالاعتماد على اختلاف معامل التمدد لكل من المادة التي يصنع منها المكبس والبنز .

11- ذراع التوصيل Connecting rod :-

يضع ذراع التوصيل من صلب الكروم والنيكل أو صلب الفاناديوم وتستخدم بعض المصانع سبيكة الدورالومين والتي تمتاز بوزن نوعي صغير ومعامل توصيل حراري جيد في الشكل (10-1) ويكون شكل مقطع ذراع التوصيل على شكل حرف (I) لمقاومة الانحناء ولخفة الوزن وتقليل الاهتزازات وتصنع بعض اذرع التوصيل بحيث يكون مقطعها على أشكال أخرى مع ملاحظة وجود مجري مجوفة داخل مقطع ذراع التوصيل وذلك لتوصيل زيت التزييت من عمود المرفق إلى بنز المكبس (Piston pin) ومنه إلى جدران الأسطوانة ويحتوى ذراع التوصيل على النهاية الصغرى وهي التي بها تجويف بحيث يدخل به بنز المكبس ليعمل على اتصال ذراع التوصيل مع المكبس كما سبق شرحه بينما الطرف الأخر لذراع التوصيل يسمي بالنهاية الكبرى والتي تركب مع عمود المرفق في موضع خاص به وذلك عن طريق ربط غطاء النهاية الكبرى بواسطة مسامير(براغي) وصواميل مع ملاحظة وضع جلبة مصنوعة من البرنز وعلى شكل قطعتين كل منهما على شكل نصف اسطوانة دائرية .

12- عمود المرفق Crank shaft :-

يعتبر عمود المرفق بمثابة العمود الفقري للمحرك حيث يركب على كراسي رئيسية بعلبة المرفق وتركب بين السطح الداخلي لكل كراسي محور المرفق الرئيسي سبيكة من الصلب المبطن بالبرونز والنحاس والرصاص وذلك لمنع احتكاك المحاور الرئيسية لعمود المرفق ويصمم بداخل عمود المرفق ممرات أو تجاويف دقيقة يمر فيها الزيت المضغوط بواسطة مضخة الزيت حيث يدفع الزيت من ثقوب صغيرة على الأسطح الداخلية للكراسي الرئيسية لعمود المرفق والذي يقوم بتخزين جزء من طاقة القدرة وتوزيعها على بقية الأشواط الأخرى للمحرك كشوط العادم وشوط السحب وشوط الضغط ويعمل كذلك على انتظام ونعومة دوران المحرك .



الشكل (12-1) مجموعة عمود المرفق

1- الكباس
2- ذراع التوصيل
3- بنز الكباس
4- ترس الحدافة
5- الحدافة
6- محمل عمود المرفق
7- عمود المرفق
8 - بكرة السير

يصنع عمود المرفق من الصلب النيكلي الكرومي من قطعة واحدة تشكل بالحدادة ثم يخرط جيداً ويجلخ أي يتم تنعيمه وتشطيبه جيداً ويتوقف شكل عمود

المرفق على عدد اسطوانات المحرك فإذا كان المحرك ذات اسطوانة واحدة مثلاً يكون له موضع واحد لتثبيت النهاية الكبرى بها ونظراً لحدوث اهتزاز ناتج عن الذبذبة الناشئة من القوة الطاردة المركزية نتيجة لدوران الفخذين الموجدين في جهة واحدة حركة دورانية وكذلك حركة المكبس وبنز المكبس وذراع التوصيل حركة ترددية خطية ، ولتقليل الاهتزازات الناتجة عن دوران عمود المرفق وذراع التوصل والمكبس وبتر المكبس توضع في الجهة العكسية أثقال توازن بعمود المرفق ويركب عمود المرفق على كراسي تحميل وإذا كان المحرك ذات اسطوانتين يكون للمرفق موضعين لرباط النهاية الكبرى لهما وتوضع أثقال التوازن بعمود المرفق بحيث تكون الزاوية بينهم 180° حتى يكون المحرك أكثر اتزاناً أثناء دورانه كما في الشكل (12-1) .

13- الصمامات valves :-

يوجد نوعان من الصمامات وهما كما يلي :-

1- الصمامات المخروطية :-

تعتبر الصمامات المخروطية أكثر انتشاراً في المحركات واشتق اسمها من شكلها المخروطي وتمتاز بخفة وزنها ويتركب من الأجزاء الآتية :-

أ- **الرأس** :-وهو عبارة عن قرص مشطوف بزاوية 30° ، 45° من الحافة الخارجية وتجلخ وتسحق حتى تتناسب تماماً قاعدة الصمام لأحكام الغلق وألا تسربت الغازات أثناء مشوار الضغط وفقد المحرك جزء من قدرته أثناء مشوار التشغيل ويتراوح قطر الرأس من 3/1 إلى 2/1 قطر الاسطوانة .

ب- **الساق** :- هو جزء يحدد رأس الصمام وينتهي من أسفل بجزء لتثبيت حلقة احتجاز النابض وتصنع الصمامات المخروطية من قطعة واحدة من الصلب النيكلي أو من صلب التنجستن ويفضل صلب التنجستن لتحمله لدرجات حرارة عالية دون أن تتأثر صلابته وأحياناً تصنع الصمامات المجوفة من قطعتين وهما الرأس والتي تصنع من الصلب السبائكي وتلحم الرأس من الساق الذي يصنع من

الصلب ويستعمل صلب النيكل كروم في صمامات السحب أما صمامات العـــادم فتصنع من الصلب السبائكي وذلك لكي يتحمل درجات الحرارة العالية أثناء شوط العادم .

2- الصمامات المجوفة :-

تسمي هذه الصمامات بالصمامات المجوفة نظراً لان ساقها يـصنع مجـوف حتى يملأ نصفه بالصوديوم وهي مادة كيماوية موصلة جيداً للحرارة والصوديوم مادة صلبة تتحول إلى سائل عند درجة حرارة 35° وتمتص الحرارة من رأس الصمام أثناء حركته وينقلها إلى ساق لتصريفها إلى مياه التبريد عن طريق دليل الصمام .

يسمي الجزء الذي يتحرك داخله الصمام بدليل الصمام حيث يحـيط بـساق الصمام ويعمل على حفظه في وضع محوري بفتحة الصمام ويجب أن يجلخ الـساق لتناسب فتحة الدليل مع ترك خلوص بسيط للسماح للساق بالحركة الترددية ويـصنع الدليل من الزهر الرمادي أو الصلب ويثبت بالضغط في جسم الاسطوانة أو برأسـها حتى يمكن تغييره عند تأكله عن الحد المسموح به.

الغرض من الصمامات :-

أ- السماح بإدخال مخلوط الوقود والهواء إلى غرفة الاحتراق محرك البنزين أو إدخال الهواء بغرفة احتراق محرك الديزل وذلك في شوط السحب ويسمي هذا الـصمام بصمام السحب أو صمام التغذية .

ب- السماح بتصريف غازات العادم ولذلك يسمي هذا الصمام بصمام العادم .

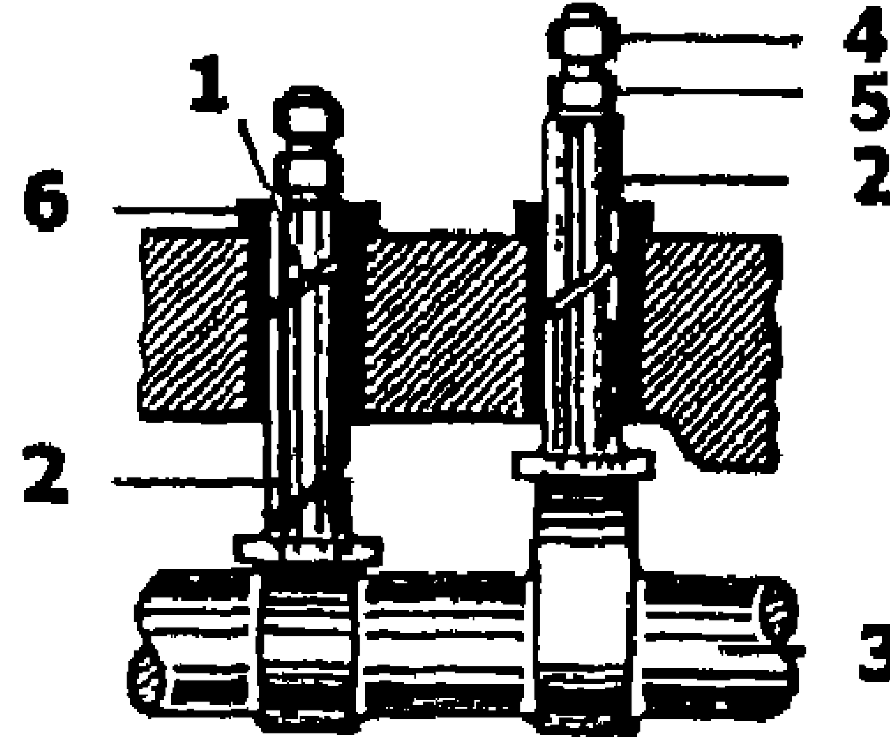
ج- العمل على إحكام غلق الاسطوانة لضبط عملية انضغاط الشحنة وعـدم هـروب الشحنة من خلاله أثناء شوط الضغط والقدرة .

14- نابض الصمام Spring valve :-

يعمل النابض على دفع الصمام إلى أسفل لإتمام علقة وبقائه ثابتاً على قاعدته خلال الفترة التي يكون فيها الصمام مغلق ، ويصنع النابض من الصلب على شكل لولب حلزوني من نهايته حتى يكون مستوياً تماماً لتوزيع الضغط بانتظام حول الساق ويطلي بعد ذلك بالبويات أو بطلاء معدني حتى لا يصدأ عند تعرضه للرطوبة ويستخدم لكل صمام نابض واحد وأحياناً نابضان أو ثلاثة كل منهما داخل الأخر والغرض من استعمال عدة نوابض هو ضمان توزيع الضغط حول الصمام، ويجب أن تكون مرونة النابض مناسبة ولا تكون قوية أكثر من اللازم لعدم حدوث ضوضاء أثناء غلقه ولسهولة فتح الصمام وحتى لا تزداد الاجتهادات والاحتكاكات بين ساق الدفع والروافع المتأرجحة ولا تكون مرونة النابض ضعيفة حتى لا ينفصل رافع الصمام عن الكامة عن السرعات العالية ولا يغلق الصمام في الوقت المناسب ويختلف التوقيت ويؤدي إلى فقد جزء من قدرة المحرك وزيادة استهلاك الوقود مع ملاحظة أن النابض الذي يؤثر بضغط غير متساوي حول محيط الصمام يؤدي إلى حدوث تأكل في جانب واحد من دليل وقاعدة رأس الصمام ولتلافي ذلك يسمح للصمام بالدوران قليلاً في كل مرة بفتح فيها الصمام وذلك لتوزيع التآكل وعدم تركيزه في موضوع واحد.

15- عمود الكامات Cam Shaft :-

يستمد عمود الكامات حركته من عمود المرفق عن طريق تعشيق ترس عمود المرفق بترس عمود الكامات بحيث تكون سرعة عمود الكامات نصف سرعة عمود المرفق (عمود الإدارة) حتى يمكن فتح وغلق كل صمام مرة واحدة كل لفتين من لفات عمود الإدارة ويصنع عمود الكامات من قطعة واحدة كما موضح بالشكل (14-1) من الصلب السبائكي أو من الحديد الزهر حيث يقسى سطحه ليقاوم التآكل والكامات (الحدبات) بدقة تامة .



الشكل (1-13) جزاء من عمود الكامات

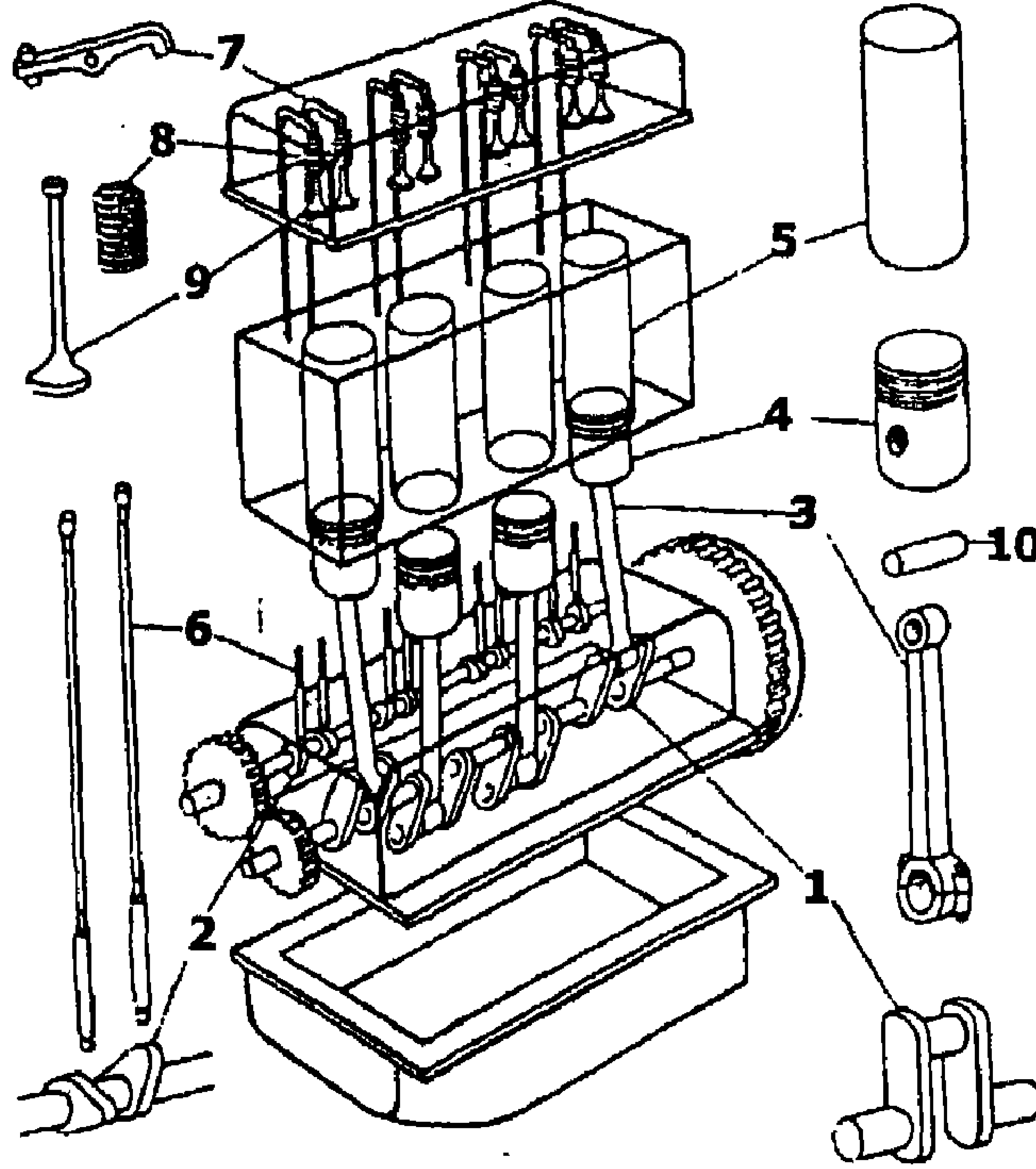
1- مجرى الزيت
2- أصبع الغمازة
3- عمود الكامات
4- مسمار ضبط
5- صامولة تثبيت
6- جلبة دليلة

16- حلقات احتجاز النوابض :-

هي حلقة غير كاملة الاستدارة يستند عليها الصمام من ناحية وذلك بوضع جلبة مشقوقة (جلبة مشكل على جزئين متشابهين) في مجري دائرية الشكل توجد بنهاية الساق وذلك بعد تركيب النابض في موضعه حول ساق الصمام ثم توضع حلقة الاحتجاز أعلى الجلبة المشقوقة وذلك بدخولها في المجري من الجزء الغير كامل الاستدارة حتى تعمل على إحكام وزنق النابض في موضعه حول ساق الصمام وتمنعه من الخروج من موضعه أثناء تشغيل الصمام عند فتح وغلق فتحة الصمام ولذلك تسمي هذه الحلقة بحلقة زنق أو حجز النابض لردع ذبذبة الصمام الحادثة في الصمامات عند تشغيل المحرك وتؤدي إلى اختلال دورانه وكسر النابض.

17- هيكل المحرك :-

وهو الجسم الخارجي الذي يثبت فيه أجراء المحرك ويتكون من قاعدة التثبت في أسفله وبداخلها حوض الزيت وتعلوها علبة المرفق وتحصر بداخلها الفراغ الذي تتحرك فيه الأجزاء المتحركة ثم كتلة الاسطوانة التي تثبت بداخلها بطانة الاسطوانة أو جلبة الاسطوانة وتغطيها راس الاسطوانة والشكل (1-16) يوضح المكونات الرئيسية للمحرك.



الشكل (16-1) المكونات الرئيسية للمحرك

1- عمود المرفق
2- عمود الكامات
3- ذراع التوصيل
4- الكباس
5- بطانة الاسطوانة
6- ذراع الدفع
7- الذراع الترجيحية
8- ياي الصمام
9- الصمام
10- بنز المكبس

1-5 الأجهزة الملحقة بالمحرك :-

يلزم لتشغيل المحرك عدة منظومات أساسية مثل :-

1- منظومة الوقود وتشمل مضخة الحقن والرشاشات والمرشحات الابتدائية والثانوية ...الخ.

2- منظومة الزيت وتشمل مضخة الزيت ومرشحات الزيت ومبرد الزيت ...

الخ .

3- منظومة التبريد وتشمل المبرد (الردياتير) ومضخة المياه وجيوب أو ممرات التبريد بكتلة الاسطوانات والترموستات.

4- منظمة الدائرة الكهربائية مثل بادئ الحركة والمولد وبطارية السيارة وشمعات التسخين.

5- تحتوى بعض المحركات أيضاً على آلية عكس اتجاه دوران المحرك حيث يمكن للمحرك أن يدور أما في اتجاه اليمين أو في اتجاه اليسار ويلزم التغير اتجاه دوران المحرك إيقاف المحرك أولاً ثم تستخدم آلية خاصة لعكس اتجاه دوران المحرك وينتشر استخدام هذه الآلية في المحركات البحرية مثل السفن.

اسئلة الباب الاول للمراجعة

س1. تتركب محركات الاحتراق الداخلى من أجزاء ثابتة واخرى متحركة , وضح ذلك ؟

س2. تصنع كتلة الاسطوانات من معادن مختلفة كل على حده أو من سبائك تتكون من عدة معادن بنسب مختلفة وضح ذلك مع شرح الاسباب لكل منها؟

س3. كيف يتم تصنيع كتلة الاسطوانات عن طريق السباكة؟

س4. لماذا تصنع رأس الاسطوانات منفصلة عن كتلة الاسطوانات بمحركات الاحتراق الداخلى؟

س5. كيف تنشأ القوة التى تجبر المكبس على الحركة نحو النقطة الميتة السفلى فى شوط القدرة ؟

س6. ما هو الشرط الاساسى لتصميم غرفة الاحتراق بالمحركات ؟

س7. ماهى أهم الفتحات او التجويفات التى تحتوى عليها رأس الاسطوانات بالمحركات؟

س8. كيف يتم ربط المسامير او البراغى لتثبيت رأس الاسطوانة فى كتلة الاسطوانات؟

س9. اين يتم تركيب حاشية او جوان رأس الاسطوانات ومالغرض منها ومما تصنع وماهى الشروط الواجب توافرها فى حاشية او جوان رأس الاسطوانات؟

س10. مالذى يمكن ان يحدث لسطح رأس الاسطوانات عند فكه وهو ساخن وما هى الشروط التى يجب مراعاتها عند فك رأس الاسطوانات؟

س11. ماهى أنواع جلب او بطنات الاسطوانات وماهى المواد التى تصنع منها ومالغرض من كل منهما ومالفرق بينهما وكيف يتم تركيب كل منهماداخل الاسطوانات ؟

س12. أرسم محرك مفرد الاسطوانه موضحا علية القوى الجانبية والقوى الاخرى

المؤثرة على جدار الاسطوانة ؟

س13. اذكر ماتعرفة عن علبة عمود المرفق وكيف يتم صناعتها؟

س14. أذكر ما تعرفة عن كراسي تحميل عمود المرفق وما هي المواصفات الواجب توافرها فيها؟

س15. مالمقصود بلقم الكراسى وما هى المواصفات التى يجب ان تتوفر فى المـــواد التى تصنع منها ومالغرض منها؟

س 16. مالغرض من استخدام المكبس فى محرك الاحتراق الداخلى مع رسم شـــكل مبسط للمكبس يوضح الاجزاء الرئيسيه التى يتكون منها المكبس مـــع ذكـــر المعادن التى تستخدم فى صناعه المكبس وما هى خصائص كل منها؟

س17. لماذا يفضل تصنيع المكبس من الالمنيوم او من حديد الزهر؟

س18. ماهى الطرق المستخدمه فى التقليل من تمدد المكبس عندما عندما يعمل عنـــد ظروفىذات درجات حراره عاليه؟

س19. كيف يتم عمل شطف على شكل حرف T ومالغرض منه؟

س20. ماهى العوامل التى تحدد كل من :-

أ- سمك رأس المكبسز

ب- مقدار او بعد أو ارتفاع منطقه حلقات المكبس.

س21. مالمقصود بمنطقة شفة الحريق بالمكبس؟

س22. ما هى وظيفة كل من :-

أ. جذع المكبس.

ب. صرة مسمار او بنز المكبس.

ج. الفتحات ونهاية جذع المكبسفى المحركات الثنائية الدورة.

س23. ما هى العوامل التى تتوقف عليها درجة حراره المكبس مع رسم شكل مبسط للمكبس مرفق برسم منحنى توزيع درجات الحراره على جدار المكبس؟

س24. علل لما يأتي:-

أ- يختلف الخلوص بين جدار الاسطوانه أو جدار الجلبة وبين تاج وجذع المكبس

ب- يتوقف مقدار الخلوص بين جدران الاسطوان وجانب المكبس على المعدن المصنوع من المكبس.

ج- يجب تركيب المكبس بخلوص مناظر لفرق التمدد بين جدار الاسطوانة وجانب المكبس.

س25. ما هي وظائف حلقات المكبس وما هي انواعها وماهي المواد التى تصنع منها؟

س26. ما هي الحلقات الموسعة وما الغرض منها واين يتم تركيبها؟

س27. مما يصنع مسمار او بنز المكبس ومالغرض من ولماذا يصنع مجوفا؟

س28. ما هى طرق تثبيت البنز مع ذراع التوصيل؟

س29. ماهى المعادن التى تستخدم فى صناعة ذراع المكبس ولماذا يصنع على شكل حرف I ؟

س30. مالغرض من اثقال التوازن التى توضع فى الجهه العكسية لعمود المرفق؟

س31. علل لما يأتى:-

أ- توضع أثقال التوازن بعمود المرفق بحيث تكون الزاوية بينهم 180 درجه.

ب- تعتبر الصمامات المخروطية اكثر انتشارا فى محركات الاحتراق الداخلى.

ت- يجب ان يخرط المكبس بشكل بيضاوى المقطع بحيث يكون قطرة في اتجاه صره مسمار او بنز المكبس أقل من قطره فى الاتجاه المتعامد علية.

ث- يركب بين السطح الداخلى لكل كراسى عمود المرفق وسطح عمود المرفق سبيكه من الصلب المبطن بالبرونز والنحاس والرصاص .

ج- يصمم بداخل عمود المرفقرممرات وتجاويف دقيقه.

ح- يصنع ذراع التوصيل من سبيكة الدورالومين.

خ- يجب صب شرائح من الفولاذ او الحديد الزهر فى المكبس أو عمل شق بـــه على شكل حرف I او على شكل U.

د- يجب ان يكون قطر التجويف الخاص بوضع مسمار او بنز المكبس اكبر من قطر مسمار او بنز المكبس نفسة.

س32. ما هى انواع الصمامات التى تستخدم فى محركات الاحتراق الداخلى وما هى الاجزاء الرئيسئية للصمام ومالفرق بينهما؟

س33. ما هى المواد التى تستخدم فى صناعة كل من صمام السحب وصمام العادم؟

س34. لماذا يفضل اصناعة الصمامات المخروطية من صلب التنجستن؟

س35. مالفرق بين الصمامات المخروطية والصمامات المجوفة وماهى اهم وظائفهما؟

س36. لماذا يفضل استخدام الصمامات المجوفة فى المحركات؟

س37. مالمقصود بدليل الصمام وما هى المواد التى التى يصنع منها الدليل وما هـــى الشروط الواجب توافرها فيه؟

س38. مالغرض من نوابض الصمامات وما هى المواد التى تصنع منها هذة النوابض وما هى الشروط الواجب اتباعها عند صناعتها؟

س39. علل لما يأتى:-

ا- يجب ان تكون مرونة نابض الصمام مناسبة ولاتكون أكثر أو أقل من اللازم.

ب- يسمح للصمام بالدوران قليلا عن موضعة فى كل مرة يفـــتح أو يفـــك فيهـــا الصمام.

ج- سرعه عمودالكاماتتكون نصف سرعة عمود المرفق فى المحـــرك الربـــاعى الاشواط.

س40. كيف يستمد عمود الكامات حركته ومالغرض منه وما هى المواد التى يصنع منها ولماذا تتم عمليه التقسية على سطح عمود الكامات ؟

س41. مالمقصود بحلقات احتجاز النوابض ومالغرض منها؟

س42. أرسم رسما مبسطا يوضح هيكل المحرك وأهم أجزاءهاالاساسية التى يتكــون منها؟

س43. ما هى الاجزاء الملحقة بالمحرك ؟

2

الجزء الثانى

محركات الديزل

2

الباب الثاني

غرف الاحتراق لمحركات الديزل

Combustion Chamber for Diesel Engine

2-1 غرف الاحتراق في محركات الديزل

Combustion Chamber for Diesel Engine :-

في محركات الديزل يتم تجهيز خليط الهواء والوقود بداخل غرفة الاحتــراق وبحسب جودة هذا الخليط يتم الاحتراق الكامل أو الاحتراق غير الكامل حيث يكــون لتصميم غرفة الاحتراق دور كبير في نجاح عملية الاحتراق .

وقد ظهرت أهمية شكل غرفة الاحتراق بظهور المحركات الــسريعة التـــي تتطلب زمناً قصيراً جداً للخلط ومن ثم الاحتراق لذلك تستخدم في المحركات الصغيرة السريعة غرف احتراق معينة لإثارة الهواء بشكل يساعد على توزيع الوقود بأرجائهـــا وخلطه بالهواء للحصول على احتراق جيد في زمن قصير يعادل أجزاء من الثانية عند السرعات العالية كما يجب أن يكون هنالك توافق بين تصميم غرفة الاحتــراق فـــي محرك ما مع نوع منظومة حقنه.

2-2 وظيفة غرفة الاحتراق في محركات الديزل :

المساهمة في تحضير شحنة الوقود تحضيراً يسهل احتراقها بالكامل ذاتيا في فترة زمنية قصيرة وبمخلفات احتراق ضئيلة مما يؤدي لزيادة قدرة المحرك وخفــض استهلاك الوقود.

2-3 الشروط الواجب توفرها في غرف احتراق محركات الديزل :

1- أن تكون ذات إثارة عالية للهواء خلال شوط الضغط تساعد على إحاطة كل جزئ من بخار الوقود بغلاف من الهواء يضمن لها احتراقا كاملا في فتــرة زمنية صغيرة وخصوصاً عند السرعات العالية .

2- أن تكون مساحتها السطحية صغيرة بالنسبة لحجم فراغها لتجنب الفقــد فـــي درجة حرارة جدران الغرفة لذلك يفضل الشكل الكروي.

2-4 العوامل التي تحدد تصميم غرف الاحتراق في محركات الديزل :

1- حجم المحرك.
2- سرعة المحرك.
3- نوع منظومة الحقن.
4- اعتبارات اقتصادية وبيئية.

2-5 تصنيف غرف الاحتراق :-

أولا : من حيث حجم المحرك :

1- في المحركات الصغيرة تكون كمية الهواء الزائد قليلة تبعاً لأبعاد الاسطوانة والمكبس كما أن هذه المحركات غالباً ذات سرعة عالية بحيث تتطلب فترة عطلة إشعال قصيرة جداً لهذا تستخدم غرف الاحتراق المتقدمة للمساهمة في تكوين حركة للهواء تساعد في خلطه مع الوقود ومن ثم احتراقه في زمن قصير جداً.
2- في المحركات الكبيرة ذات السرعات المنخفضة تكون كمية الهواء الزائد كبيرة وفترة عطلة الإشعال طويلة مما يسمح بزمن كافي لعملية خلط الهواء بالوقود لذلك تستخدم غرف احتراق بسيطة الإثارة.

ثانيا : من حيث منظومة الحقن :-

1- الحقن الغير مباشر حيث يحقن الوقود ويحترق أولا في غرفة مسبقة لها أشكال متعددة حسب نوع المحرك .
2- الحقن المباشر حيث يتم الحقن مباشرة في غرفة الاحتراق .

2-6 أنواع غرف الاحتراق لمحركات الديزل :-

أولا : غرف ذات دوامة من الانضغاط:

1- غرفة كوميت ريكاردو.

2- غرفة بركنز.

3- غرفة هرقل.

ثانيا : غرف إثارة أثناء الحريق (غرف احتراق جزئي) :

1- غرف محركات بنز.

2- غرف محركات كتربيلر.

ثالثا : غرف خلية الهواء:

1- غرفة أكرو – بوش.

2- غرفة أكرو.

3- غرفة كومنز.

4- غرف محركات م ا ن (MAN).

رابعا : غرف خلية الطاقة

خامسا : غرف منبسطة (مفتوحة):

1- غرفة منبسطة بدون دوامة.

2- غرف منبسطة ذات مكبس طارد.

3- غرف منبسطة ذات دوامة من الشحن.

أولا : غرف ذات دوامة من الانضغاط Turbulent or Swirl-chamber :

للحصول على حركة دوامية قوية تنقسم غرفة الاحتراق إلى قسمين:

قطاع أحدهما دائري ويتراوح حجمه بين 50% إلى 90% من حجم خلوص غرفة الاحتراق ويكون دخول الهواء أثناء شوط الضغط عبر ممر يعرف بالعنق فتنشأ عن ذلك دوامة قوية تصل فيها سرعة الهواء إلى 250 متر في الثانية .

ويحقن الوقود برشاش ذو ثقب بضغط منخفض نسبياً يتراوح بـين 80 إلـى 120 بار ويكون اتجاه رذاذ الوقود في نفس اتجاه حركة الهواء .

ملاحظة :- تصمم الغرف الدوامية بحيث يسوء تبريد العنق فيساعد الغرفة الساخنة على رفع درجة حرارة الهواء عند انسيابه خلاله أثناء شوط الضغط ولزيـادة درجـة حرارة العنق مع زيادة السرعة فإن فترة عطلة الإشعال تقل.

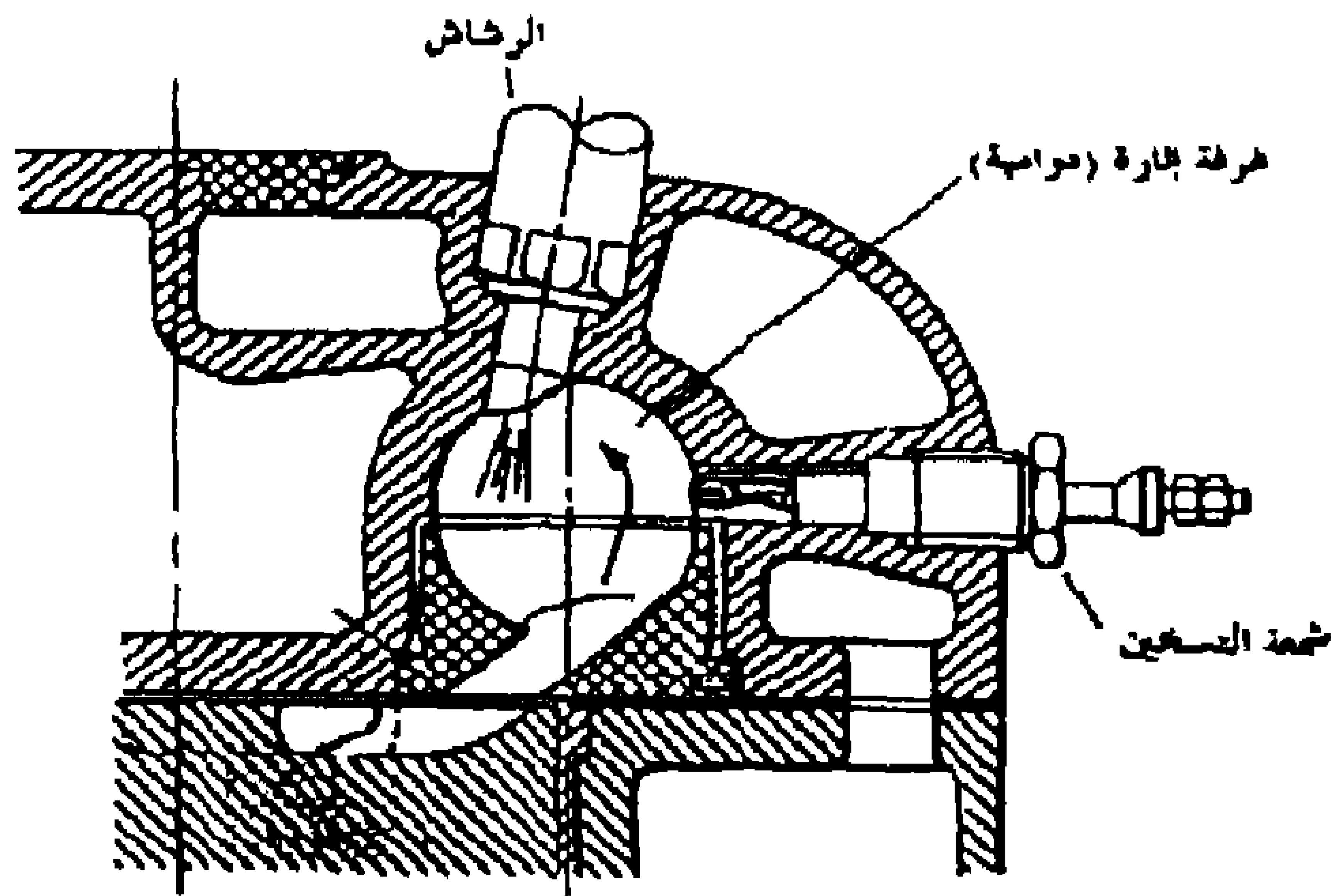
وفي ما يلي عرض لبعض غرفة الإثارة أو الدوامية.

غرفة كوميت ريكاردو :-

شكل(1-2) يوضح غرفة إثارة لمحرك إشعال بالضغط من نـوع كوميـت ريكاردو.

ويلاحظ: وجود خلوص صغير بين نصف الغرفة السفلي وجـدار غطـاء الاسطوانات حيث يعمل الهواء في هذا الخلوص كعازل حراري فيسوء تبريد جـدار الغرفة.

وترتفع درجة حرارة الغرفة وعنقها مما يؤدي إلى تقليل فترة عطلة الإشعال وهذا يقلل من أهمية تعديل درجة الحقن عند تغير السرعة.



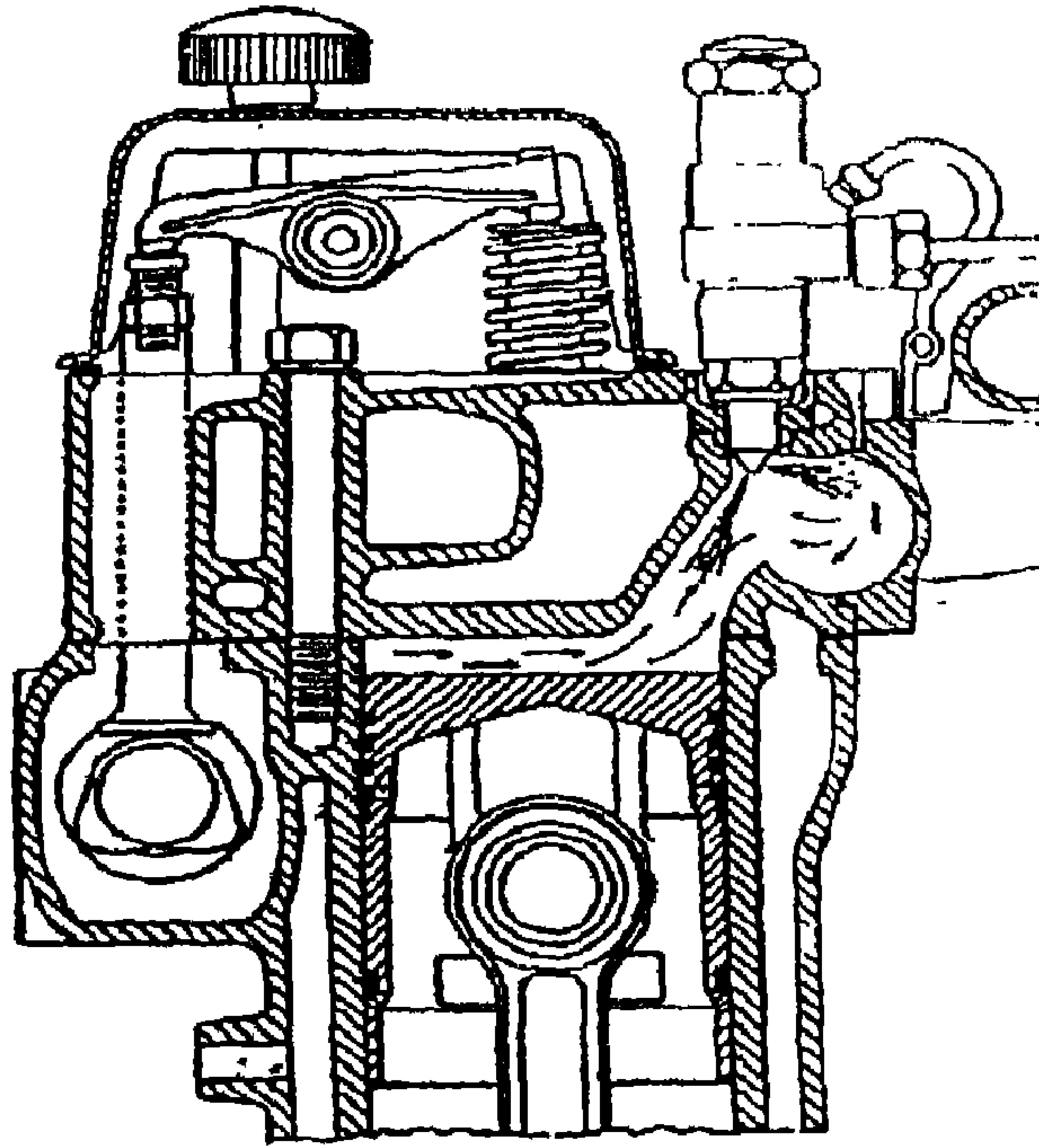
الشكل(1-2) يبين غرفة إثارة نوع كوميت ريكاردو

غرفة بركنز :-

شكل(2-2) يبين غرفة إثارة لمحرك بركنز :

(محرك بريطاني الصنع يستخدم على نطاق واسع في أغراض النقل) ويلاحظ :

1- يحقن الوقود في غرفة الاحتراق بواسطة رشاش ذي ثقبين أحدهما صغير (مساعد للثقب الرئيسي) موجه نحو عنق الغرفة في اتجاه مضاد لحركة الهواء والآخر موجه في نفس اتجاه حركة الهواء مما ساعد في سهولة بدء الدوران خصوصاً وأن كمية الحقن تكون كبيرة في هذا الاتجاه عند البدء وقد يتوقف الثقب المساعد بعد بدء الدوران لارتفاع ضغط الحقن.



الشكل(2-2) يبين غرفة احتراق نوع بركنز

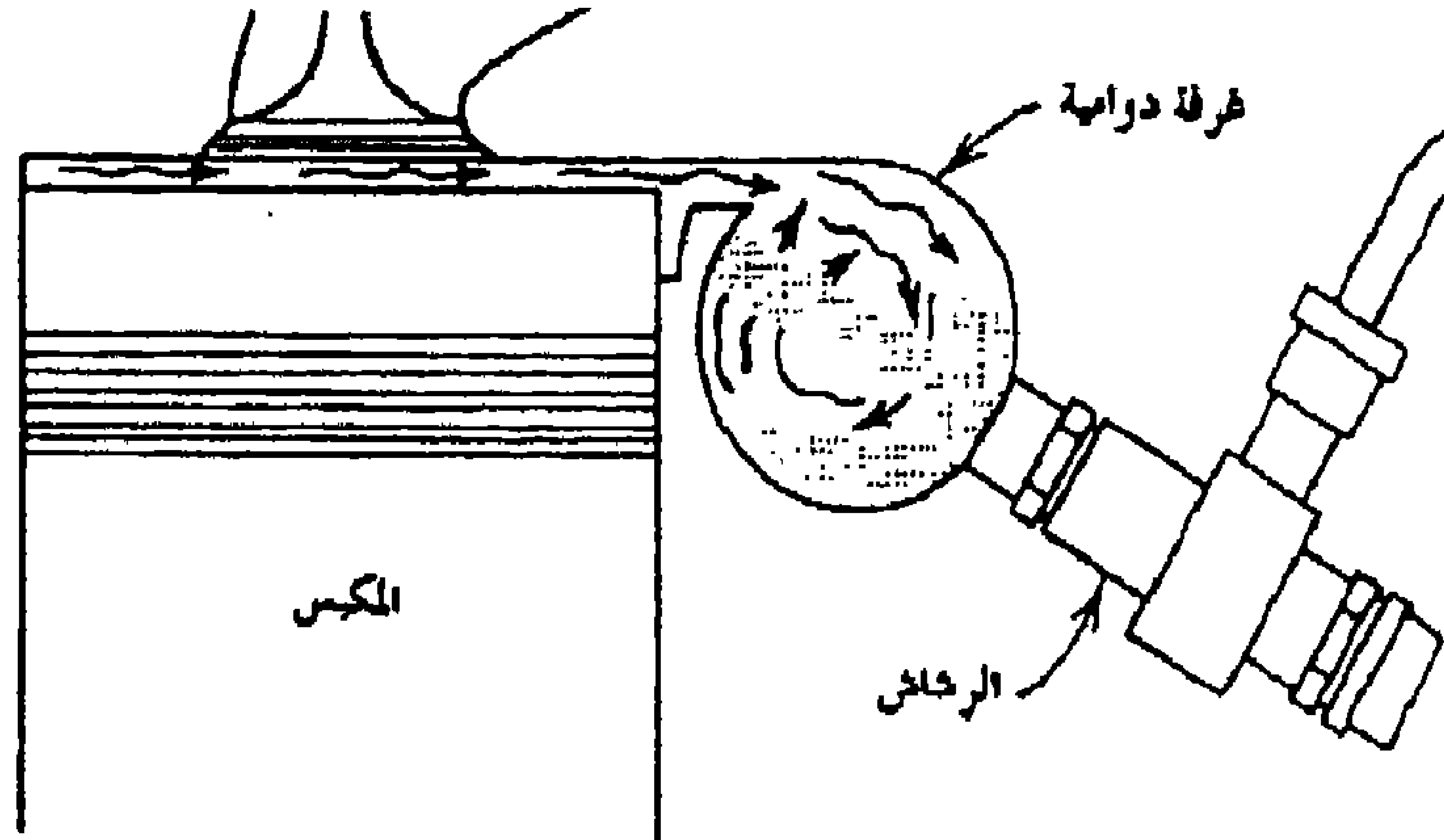
غرفة هرقل :-

تتكون غرفة هرقل للاحتراق من غرفة كروية الشكل في كتلة الاسطوانات شكل (2-3) ويلاحظ في تصميم هذه الغرف :

1- يترك خلوص صغير جداً بين جدار الغرفة الكروية وجدار الاسطوانة وذلك

لتسخين الغرفة مما يؤدي إلى قصر فترة عطلة الإشعال .

2- يصمم مشوار المكبس بحيث يحجب جزء من رأس المكبس جزئاً من عنق الغرفة فيؤدي إلى زيادة سرعة الهواء الداخل إلى غرفة الاحتراق .



الشكل(3-2) يبين غرفة احتراق نوع هرقل

مميزات غرف الإثارة (الدوامية) :-

1- يناسب هذا النوع من الغرف المحركات الصغيرة السريعة .

2- يستخدم رشاش ذو ثقب واحد أو ثقبين حيث تقوم حركة الهواء الدوامية بتوزيع الوقود وخلطه ولا يخشي من انسداده لان رأس إبرة الرشاش تقوم بتنظيف الثقب تلقائياً لهذا يحبذ استخدام رشاش ذو ثقوب متعددة .

3- تكون فترة عطلة الإشعال ثابتة تقريباً بالدرجات لهذا فإن المحركات المجهزة بهذه الغرف ليست حساسة لنوع الوقود ومن الممكن استخدام وقود ذي رقم سيتان منخفض كما يمكن عدم تغير زاوية تقديم الحقن .

4- يشيع استخدام غرف الإثارة في محركات الجر السريعة لارتفاع قدرتها النوعية .

5- تغني الإثارة العالية في المحركات ذات غرف الإثارة عن استخدام ضغوط عالية .

عيوب غرف الإثارة (الدوامية) :-

1- تقل كفاءة المحرك ويزيد معدل استهلاكه النوعي للوقود بحوالي 10% إلى 15% عن غرف المفتوحة في محركات الحقن المباشر للأسباب التالية :-

أ- زيادة ضاع الحرارة بالتبريد بسبب زيادة نسبة مساحة سطح الغرفة إلى حجمها.

ب- مرور نواتج الاحتراق عبر عنق الغرفة فتفقد شيئاً من حرارتها .

2- ارتفاع الشغل السالب للمكبس خلال شوط الضغط بسبب ضيق عنق الغرفة .

3- صعوبة بدء الإدارة لهذا تستخدم شمعة تسخين أو زيادة نسبة الانضغاط عند بـدء الإدارة بواسطة تقليل حجم الغرفة بذارع خاصة بذلك مما يؤدي إلى رفعها من 15 إلى 19 تقريباً .

ثانيا : غرف الإثارة أثناء الحريق (غرف احتراق جزئي) :-

تتكون من غرفة صغيرة يتراوح حجمها بين 25% إلى 40% من حجم غرفة الاحتراق وتتصل بفراغ الاسطوانة بواسطة ثقب أو عدة ثقوب صغيرة ، ويتم حقن الوقود في الغرفة الجزئية قبل النقطة الميتة العليا بدرجات معينة بواسطة رشاش ذي ثقب واحد أو ذي ثقوب متعددة .

بعض أنواع المحركات التي تزود بغرف احتراق جزئي :-

غرف محرك مرسيدس بنز :

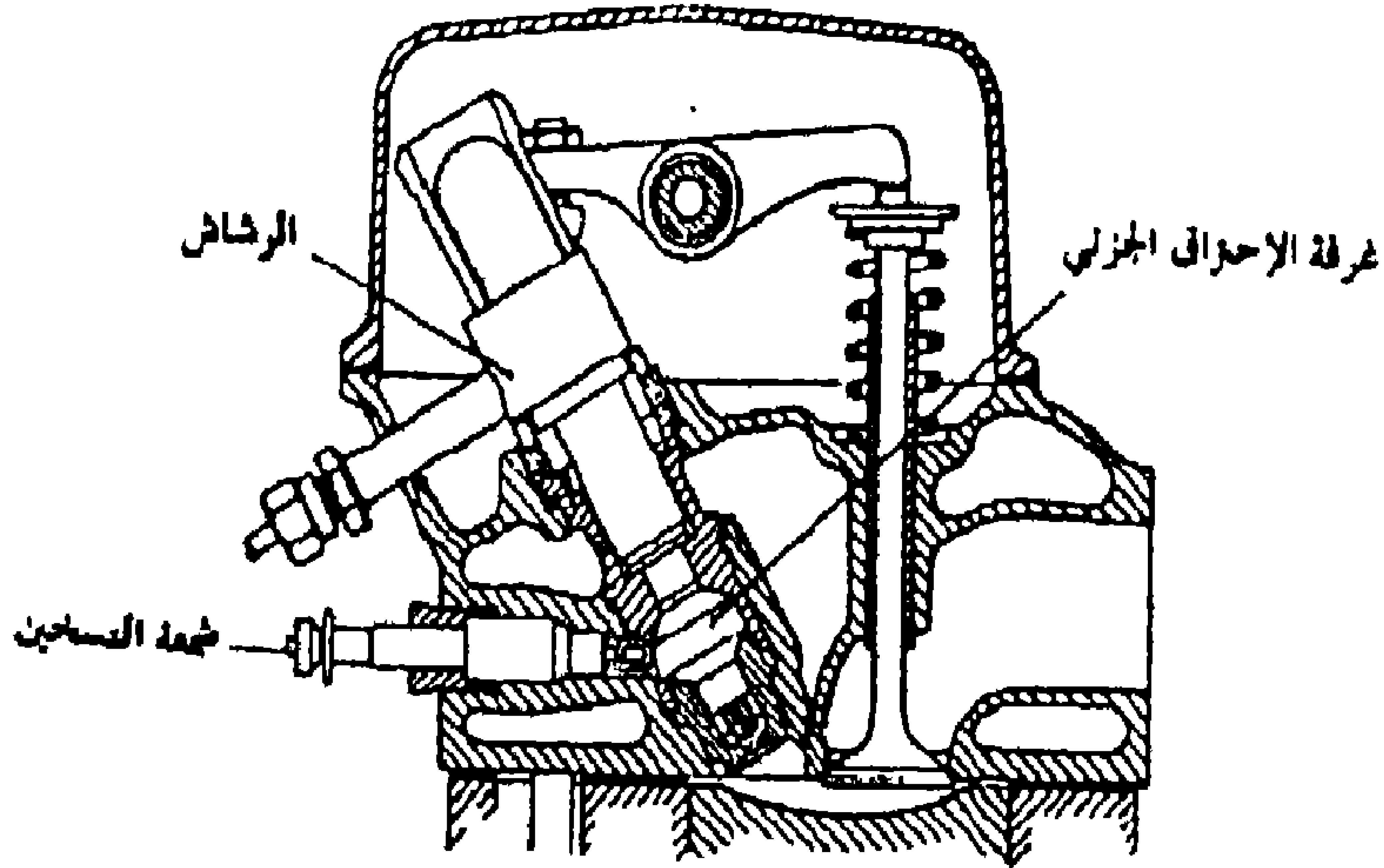
يوضح شكل (4-2) غرفة احتراق جزئي لمحرك نوع مرسيدس ويلاحظ أن :

1- الغرفة وضعت على جانب الاسطوانة وأن محورها يميل 30 درجة مع محور الاسطوانة .

2- يتم الحقن بواسطة رشاش ذي عدة ثقوب كما وضعت شمعة التسخين بحيث يلامس قطبها رذاذ الوقود المحقون لرفع درجة حرارته عند بدء الإدارة .

وتصنع محركات مرسيدس ذات غرف احتراق جزئي من ست اسطوانات إلى اثنتي عشرة اسطوانية لأغراض النقل للشاحنات والقطارات وتصل قدرة بعضها إلى

500 حصان.



الشكل(4-2) يبين غرفة محرك مرسيدس بنز

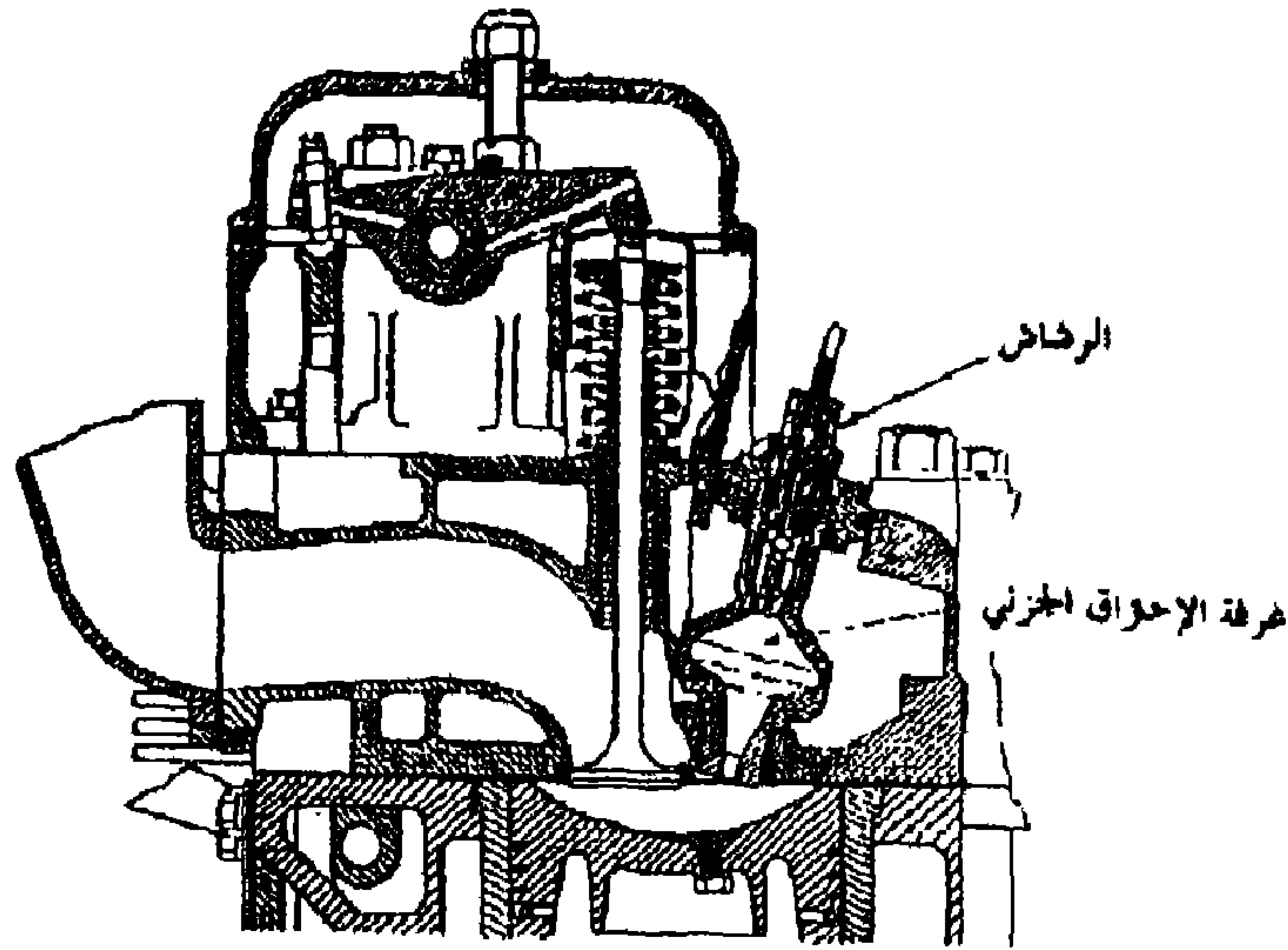
غرفة محرك كتربلر:

شكل (5-2) يبين غرفة احتراق جزئي لمحرك كتربلر الأمريكي الذي يستخدم بكثرة في مجال الجرارات الزراعية ويستخدم رشاش ذو ثقب واحد لحقن الوقود كتالي:

1- يحقن الوقود على شكل رذاذ عميق النفاذ ويكون بدء الاحتراق عند فوهة الغرفة الجزئية .

2- ارتفاع الضغط بالغرفة عند الاحتراق يؤدي إلى طرد وقود محترق جزئياً بسبب سوء التذرية .

3- يكمل الوقود المحترق جزئيا احترافه بسهولة عند اختلاطه بالهواء الموجود بالاسطوانة .



الشكل(5-2) يبين غرفة محرك كتربلر

مميزات غرف الاحتراق الجزئي :

1- يمكن استخدام وقود ذي رقم سيتان منخفض للأسباب التالية :-

أ- ارتفاع درجة حرارة جدران الغرفة وخاصة فوهتها إلى تقصير فترة عطلة الإشعال .

ب- يتم الاحتراق جزئياً بداخل الغرفة الجزئية .

2- ليس هنالك أهمية لجودة تذرير الوقود لان انتشار الاحتراق يعتمد على قذف الوقود المحترق جزئيا وتوزيعه بالاسطوانة عبر شكل فوهة الغرفة لهذا يستخدم رشاش ذو ثقب واحد في اغلب هذه المحركات .

3- تستخدم ضغوط منخفضة تتراوح بين 60 بار إلى 100 بار .

4- يشاع استخدام الغرف الجزئية في المحركات الصغيرة .

عيوب غرف الاحتراق الجزئية :-

1- انخفاض كفاءة المحركات المزودة بغرف الاحتراق الجزئي ويزيد استهلاكها النوعي من الوقود بحوالي 10% إلى 12% عنه في محركات الحقن المباشر وذلك بسبب :

أ- ارتفاع ضائع الحرارة بالتبريد بسبب ارتفاع نسبة السطح إلى الحجم .

ب- زيادة الشغل السالب للمكبس .

ج- اكتمال الاحتراق متأخرا في الاسطوانة خلال شوط التمدد ويستمر الاحتراق في بعض المحركات إلى 40 درجة من درجات عمود المرفق عقب النقطة الميتة العليا وتزداد هذه الدرجة مع ازدياد السرعة .

2- استخدام وسائل مساعدة لبدء الدوران في الأجواء الباردة .

ثالثا : غرف ذات خلية الهواء :-

يتم تصميم غرفة خلية الهواء في رأس المكبس أو في رأس الاسطوانات .

وتتصل الغرفة بالاسطوانة عبر فوهة ضيقة ويتراوح حجم غرفة الخلية بين 50% إلى 70% من حجم غرفة الاحتراق .

وفيما يلي عرض لبعض تصميمات هذا النوع من الغرف :

عرض لبعض غرف خلية الهواء:

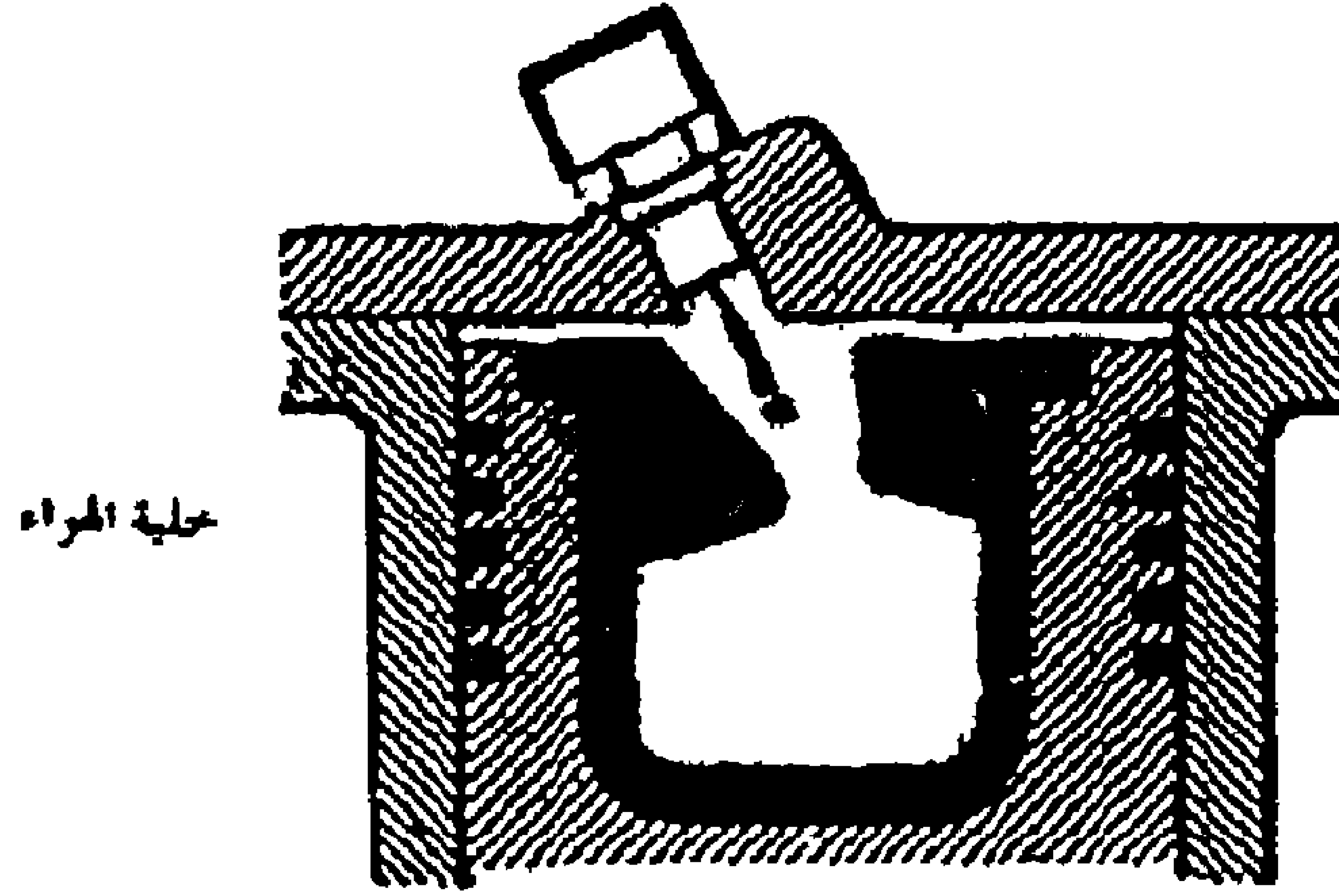
غرفة اكرو - بوش :

تصمم غرفة خلية الهواء بالمكبس شكل (6-2) وتشغل نسبة كبيرة من حجم غرفة الاحتراق تبلغ حوالي 70% ويلاحظ في غرفة اكرو - بوش ما يلي :

1- يحقن الوقود في اتجاه فوهة خلية الهواء إلا أنه لا يصل داخلها لضعف حقن الوقود.

2- يبدأ الاحتراق عند فوهة غرفة خلية الهواء .

3- يندفع الوقود من خلية الهواء في بدء شوط التمدد إلى الاسطوانة فيعمل على إثارة نواتج الاحتراق ومن ثم اكتمال احتراق الوقود المتبقي .



الشكل(2-6) يبين غرفة اكرو- بوش

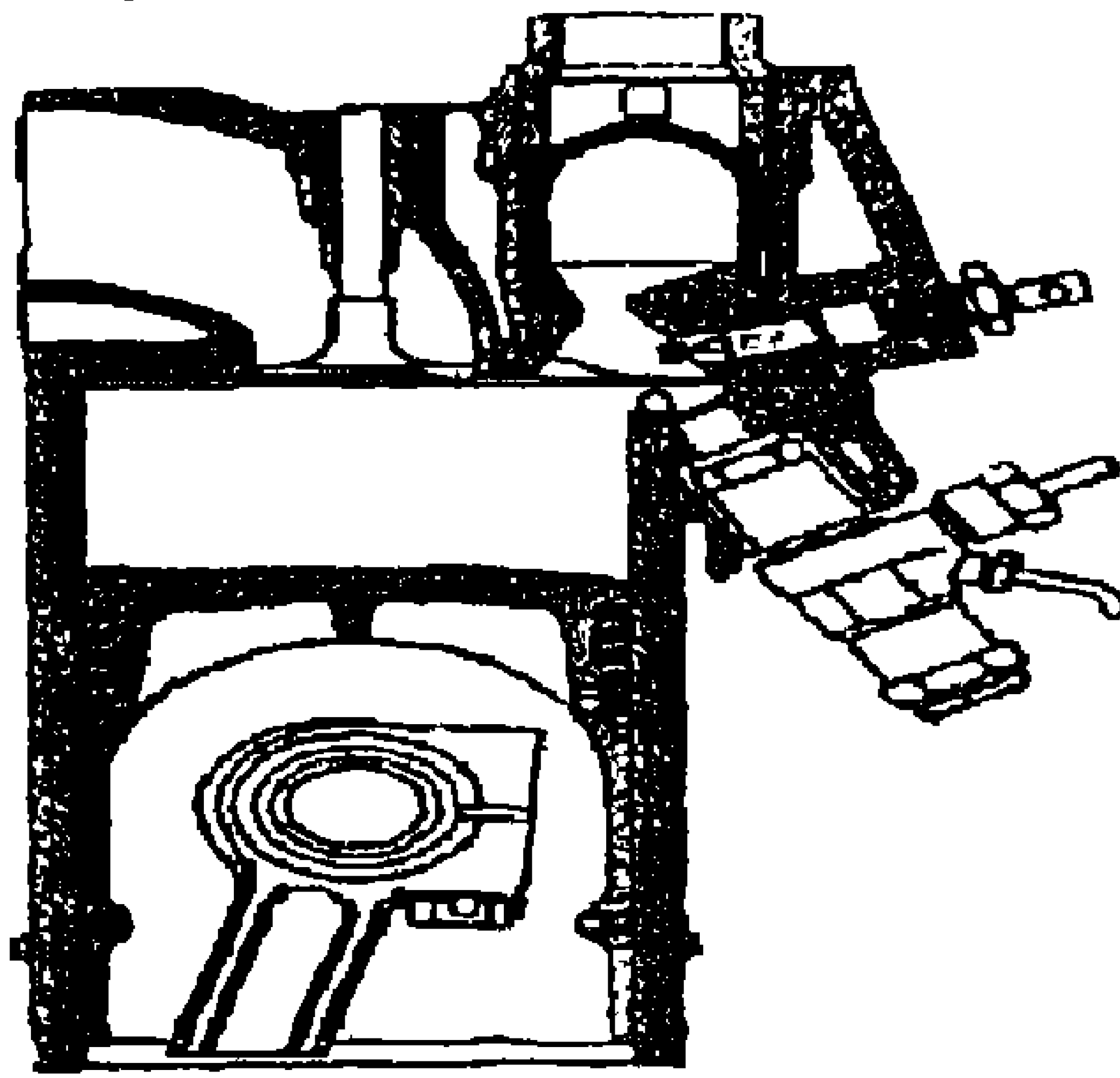
غرفة اكرو :-

يبين شكل (2-7) غرفة اكرو ويلاحظ :

1- أن حجم غرفة الخلية بالنسبة لحجم غرفة الاحتراق يقترب من غرفة اكرو – بوش إلا أن وضع غرفة الخلية في غطاء الاسطوانات وهذا يجنب المكبس من التعرض للاجتهادات الحرارية .

2- حقن الوقود عن طريق رشاش ذي ثقب واحد في اتجاه فوهة غرفة الخلية.

3- وجود شمعة تسخين للمساعدة في بدء الحركة ووضعت بحيث يلامس قطبيها رذاذ الوقود المحقون .



الشكل(2-7) يبين غرفة اكرو

غرفة كومنز:

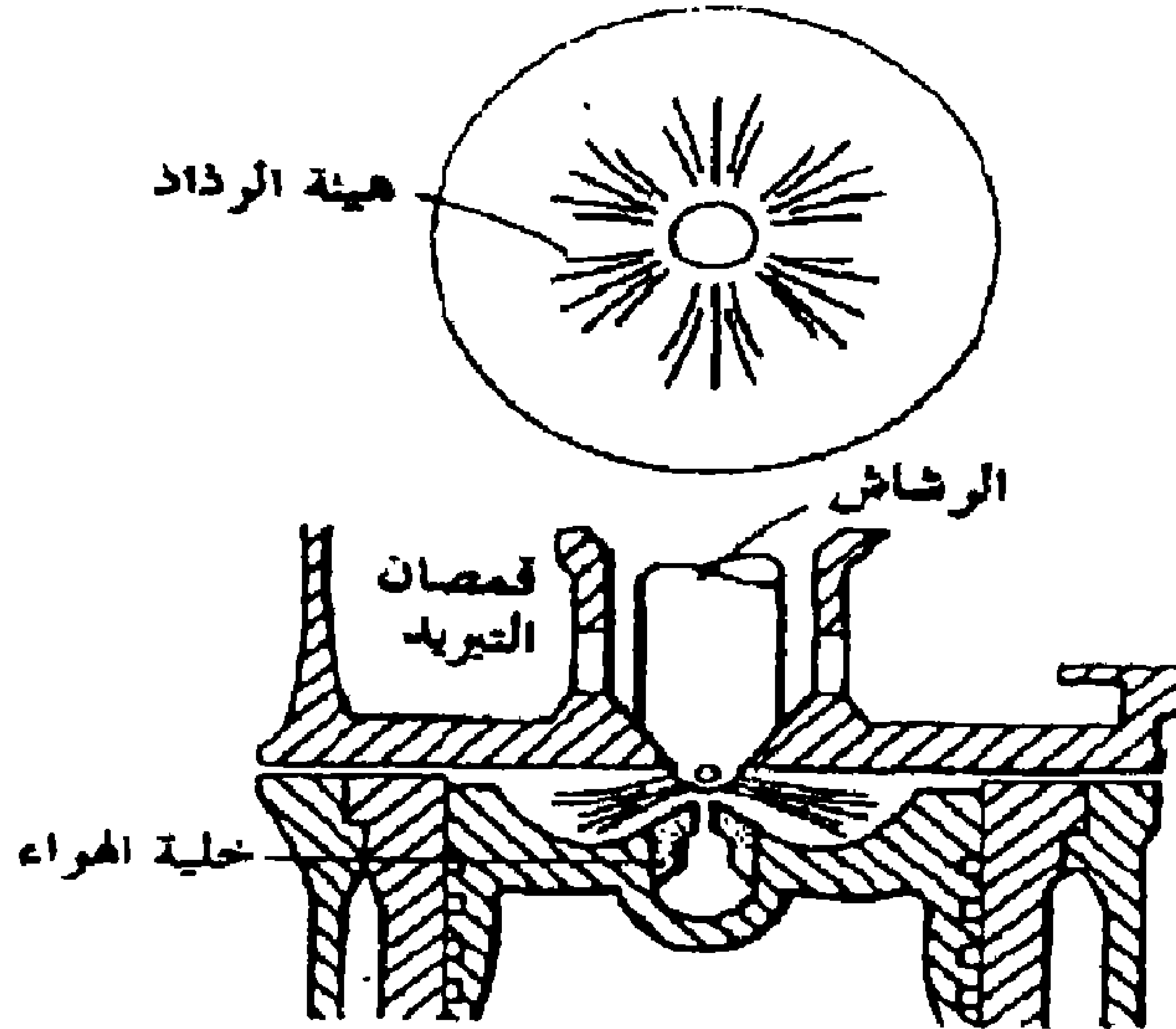
يبين شكل (8-2) غرفة احتراق لمحرك كومنز الأمريكي الصنع ويلاحظ بها ما يلي :

1- حجم غرفة خلية الهواء بالنسبة إلى غرفة الاحتراق صغير جداً يتراوح بين 5% إلى 10% .

2- أداء هذه الغرفة مقارب لأداء غرف الحقن المباشر بسبب صغر حجم خلية الهواء .

3- يحقن الوقود إلى غرفة الاحتراق عبر رشاش ذي ثقوب تتراوح من 6 إلى 7 ثقوب.

4- الهواء المندفع من غرفة الخلية يكاد لا يؤثر على عملية الاحتراق لضعف الإثارة الناتجة إلا أن أهمية الهواء المندفع تكمن في إزالته للوقود المتبقي على ثقوب الرشاش فيساعد في عدم تكون رواسب كربونية على رأس الرشاش .



الشكل(8-2) يبين غرفة محرك كومنز

غرفة محرك أم.ا. إن (MAN) :

يبين شكل (2-9) غرفة خلية هواء من نوع أم.ا.إن ويلاحظ بها ما يلي :

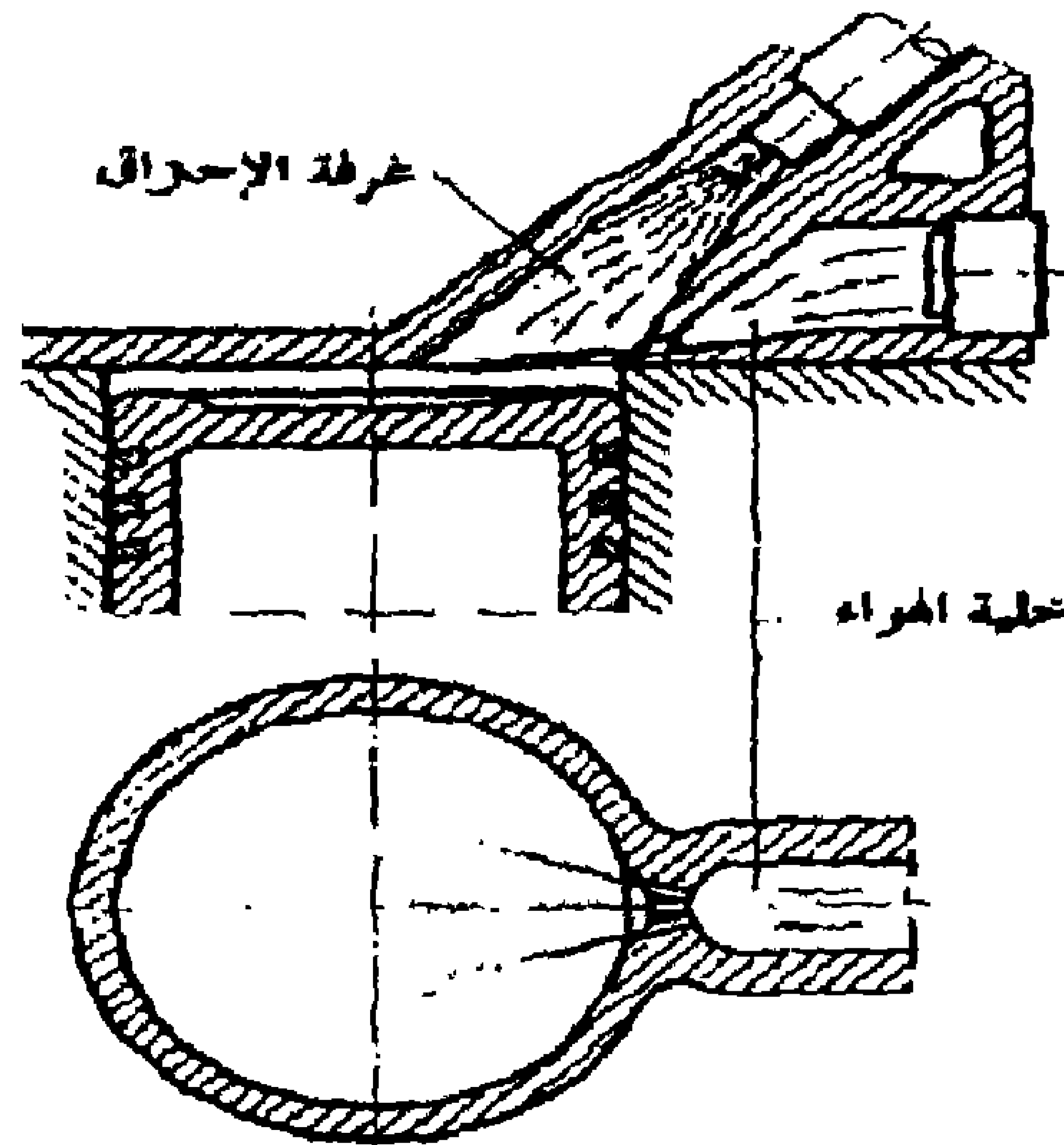
1- وضعت غرفة خلية هواء من نوع أم.ا.إن ويلاحظ ما يلي :

2- شكل غرفة الاحتراق على هيئة بوق (مخروطية الشكل) .

3- يحقن الوقود في غرفة الاحتراق عبر رشاش ذي ثقوب متعددة .

4- يندفع الهواء أفقياً من غرفة الإثارة عبر ثلاثة ثقوب إلى غرفة الاحتراق والاسطوانة نتيجة لزيادة حجم الاسطوانة بعد نزول المكبس أثناء شوط التمدد مما يساعد في احتراق كامل ولون عادم صاف عند الأحمال الكبيرة.

5- لا يستخدم شمعة تسخين في المحركات المزودة بغرف خلية هواء نوع أم.ا.إن (MAN) .



الشكل(2-4) يبين غرفة محرك أم .ا. إن -MAN

رابعا : غرف خلية الطاقة :

تسمي غرفة خلية الطاقة لانوفا (Lanova) وتنتج محركات لانوفا لاستخدامها في السيارات وللأغراض البحرية في الولايات المتحدة الأمريكية ويفوق إنتاج المحركات المزودة بغرف احتراق ذات خلية الطاقة المحركات المزودة بغرف احتراق

ذات خلية الهواء وذلك لجمعها لمميزات وخواص غرف خلية الهواء وغرف الاحتراق الجزئي ويلاحظ بغرف الاحتراق ذات خلية الطاقة شكل (10-2) :

1- تتكون من غرفتين :

أ- الأولي صغيرة في مواجهة الرشاش وتسمي غرفة خلية الطاقة ويبلغ حجمها من 10% إلى 18% من حجم غرفة الاحتراق .

ب- الثانية أكبر حجماً وتسمي غرفة خلية الهواء .

2- يفصل بين الغرفتين فوهة ضيقة وتتصل الغرفتين بغرفة الاحتراق والاسطوانة عبر فوهة أخرى ضيقة .

3- يحقن الوقود عبر رشاش ذي ثقوب بضغط يتراوح بين 100 بار و 140 بار تقريبا .

4- يدخل وقود إلى غرفة خلية الطاقة بنسبة 60% من الوقود المحقون (يساعد الهواء المضغوط قبيل نهاية شوط الانضغاط على حمل الوقود إلى داخل غرفة خلية الطاقة) .

5- يبدأ احتراق الوقود في غرفة الاحتراق بين الرشاش ومدخل غرفة خلية الطاقة.

6- يمتد الاحتراق إلى داخل غرفة خلية الطاقة ويرتفع الضغط وينحصر بها.

7- تندفع نواتج الاحتراق من غرفة خلية الطاقة إلى غرفة الاحتراق فتقابل النتوء الموجود بالفوهة فتنقسم إلى دوامتين تدوران بسرعة عالية جداً وفي اتجاهين متضادين داخل غرفة الاحتراق .

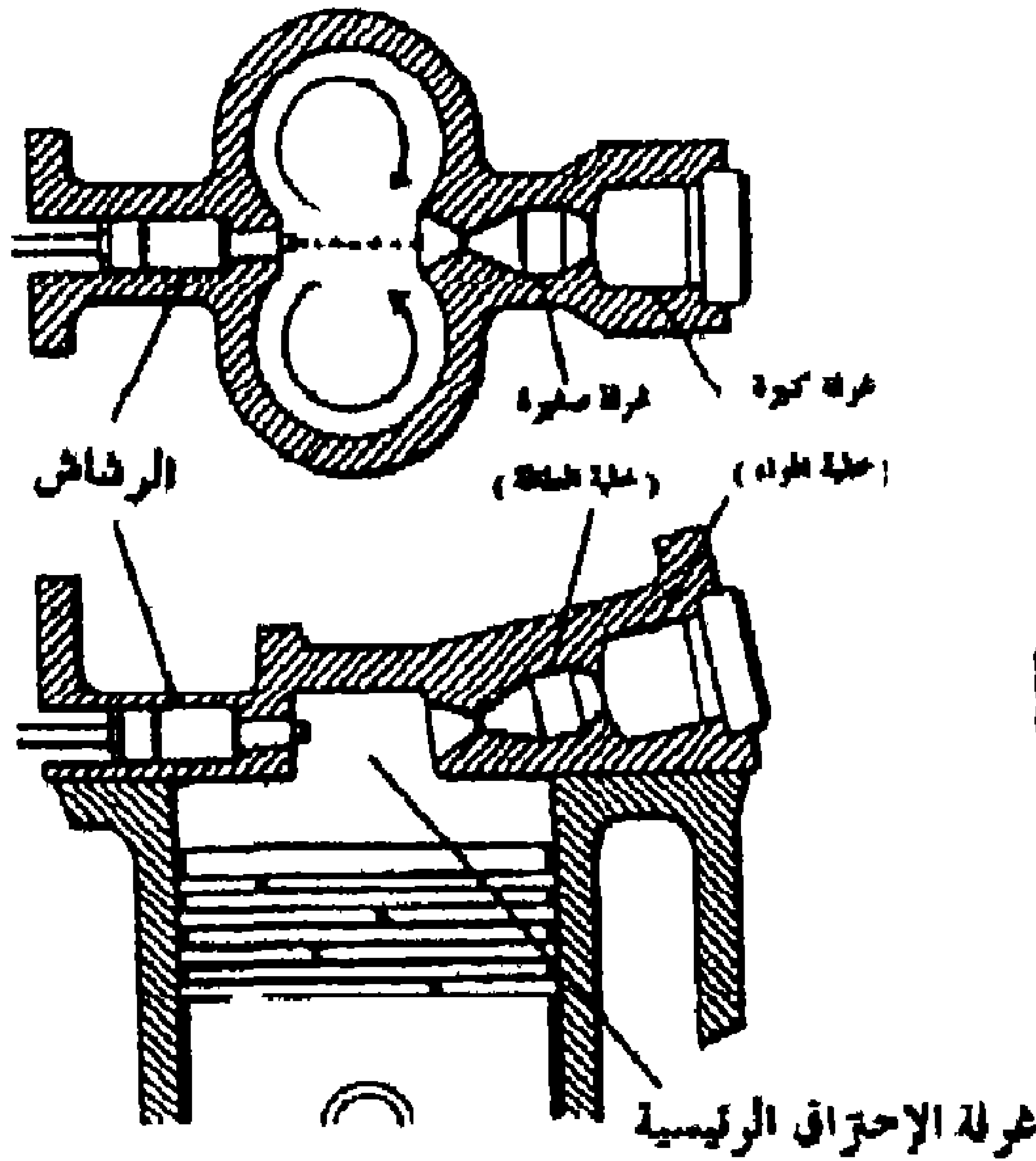
8- تعمل هاتان الدوامتان على خلق إثارة تؤدي إلى توزيع الوقود غير المحترق والتعجيل بإحراقه.

9- نتيجة لهذه الإثارة ولكبر حجم الفراغ بالاسطوانة لنزول المكبس بعد النقطة الميتة العليا يندفع الهواء.

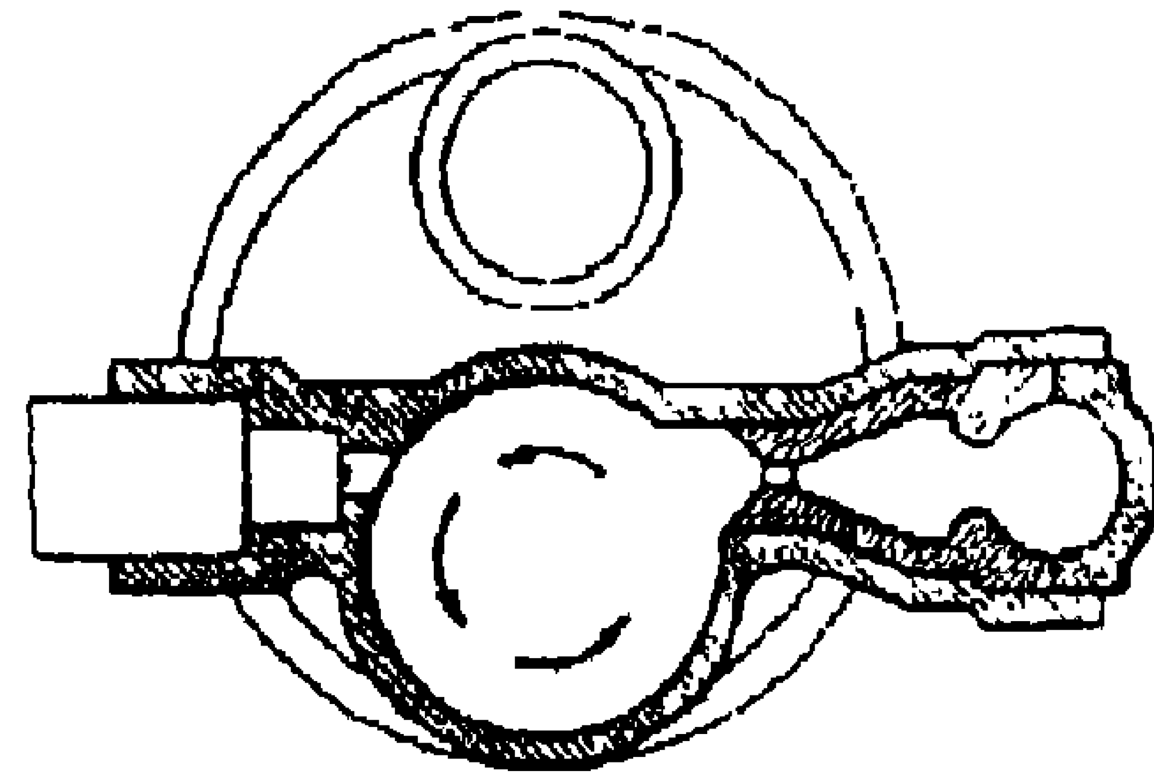
ومن غرفة خلية الهواء عبر غرفة خلية الطاقة إلى فراغ الاسطوانة فيدفع بقايا نواتج الاحتراق بغرفة خلية الطاقة إلى فراغ الاسطوانة مكملا حرق ما تبقي من الوقود.

10- ضيق فوهتي خليتي الهواء والطاقة يسبب سرعة الهواء ونواتج الاحتـــراق خلالها كما يسبب إطالة مدة التفريغ منهما.

• غرفة إحتراق رئيسية مزدوجة •



• غرفة إحتراق رئيسية مفردة •



الشكل(10-2) يبين غرفة خلية الطاقة

مميزات الغرف ذات الخلية (الهواء - الطاقة) :-

لحد من الارتفاع السريع في الضغط وخاصة في خلية الطاقة

1- وذلك لوجود جزء من هواء الشحنة داخل الخلية ولحدوث الإثارة في الاسطوانة متأخرا مما يؤدي إلى إدارة لينة عند الأحمال والسرعات العالية.

يمكن استخدام نسب ضئيلة للهواء الزائد وخاصة بغرف خلية الطاقـــة بـــسبب الإثارة العالية به.

2- استخدام ضغط حقن منخفض من 100 بار إلى 140 بار.

3- نسب انضغاط منخفضة من 14إلى 16.

4- يوجد في بعض تصميمات غرف خلية الطاقة صمام خاص يحرك عند بدء الإدارة لعزل خلية الهواء عن بقية حجم الخلوص مما يعمل على رفع نسبة الانضغاط وبدء دوران المحرك بسهولة.

عيوب الغرف ذات الخلية (الهواء – الطاقة) :-

1- انخفاض كفاءتها الفعالة بسبب تأخر الاحتراق.

2- ارتفاع الاستهلاك النوعي للوقود بسبب ارتفاع نسبة الوقود للهواء.

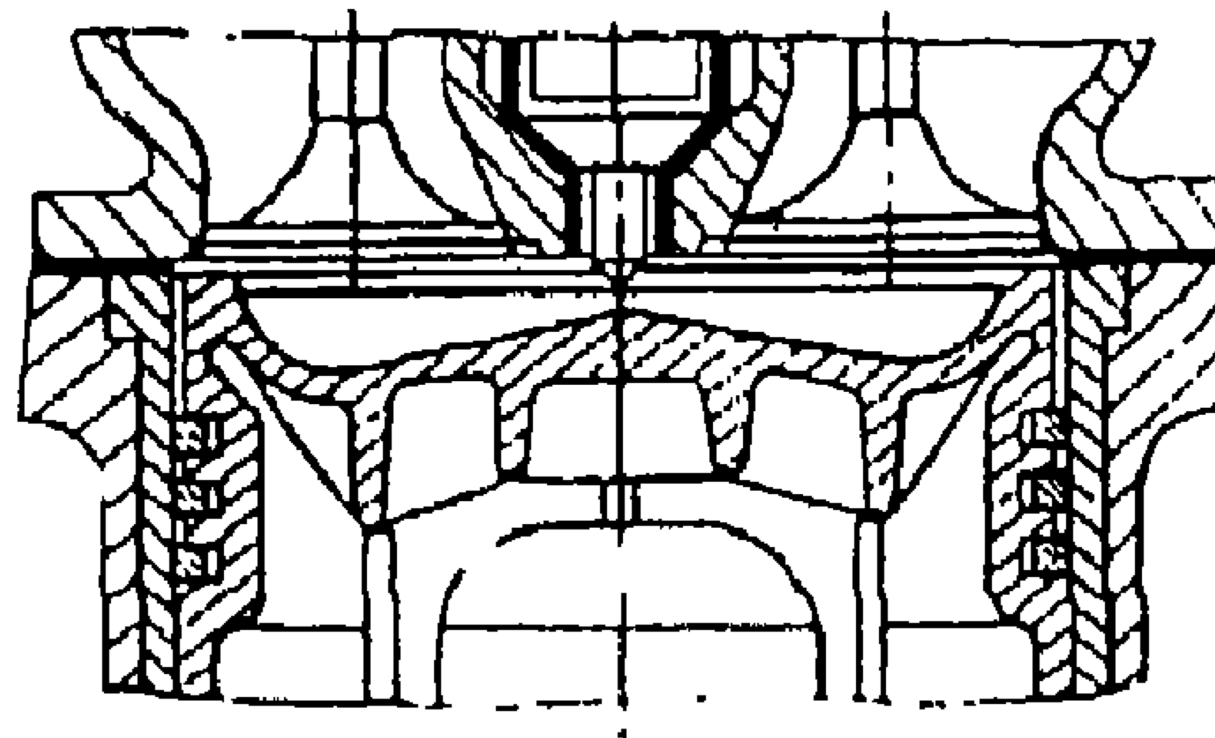
خامسا : الغرف المنبسطة (المفتوحة):

1- غرف منبسطة (مفتوحة) بدون دوامة:

تتكون هذه الغرف من جزء واحد متصل وتستخدم تحديدا في المحركات ذات ضغط الهواء حيث يتكفل الهواء المضغوط بتوزيع الوقود ويستعان على التذرير برفع ضغط الحقن إلى 300 بار وعلى توزيع الوقود بتعدد ثقوب الرشاش وتتخذ غرفة الاحتراق شكلاً يتناسب مع وضع الرشاش ويلاحظ في هذه الغرف شكل (11-2):

1- رأس المكبس يكون مقعراً وذلك حتى يحول دون وصول الوقود إلى جدران الاسطوانة والتسرب إلى علبة عمود المرفق عبر حلقات المكبس يؤدي إلى تخفيف زيت التزييت.

ب- نسبة الهواء الزائد يصل إلى 40% عند الحمل الكامل لتعويض عدم تجانس الخليط بسبب ضعف حركة الهواء.



الشكل(11-2) يبين غرفة احتراق منبسطة (مفتوحة) بدون دوامة

مميزات غرف الاحتراق المنبسطة بدون دوامة :-

أ- انخفاض الفقد في التبريد بسبب:

1- انخفاض درجات حرارة الدورة.

2- ضعف حركة الهواء.

3- انخفاض نسبة سطح غرفة الاحتراق إلى حجمها.

ب- الاستهلاك النوعي للوقود يقل بحوالي 15% عن المحركات ذات الغرف الأخرى.

ج- يفضل استخدام هذا النوع من الغرف في المحركات الكبيرة التي تعمل لفترات طويلة لأهمية اقتصاد الوقود.

عيوب الغرف المنبسطة بدون دوامة :-

1- يستخدم رشاش ذي ثقوب متعددة لانعدام حركة الهواء.

2- يركب رشاش الحقن في مركز متوسط لغرفة الاحتراق مما يؤدي إلى الحد من مساحة فتحات الصمامات.

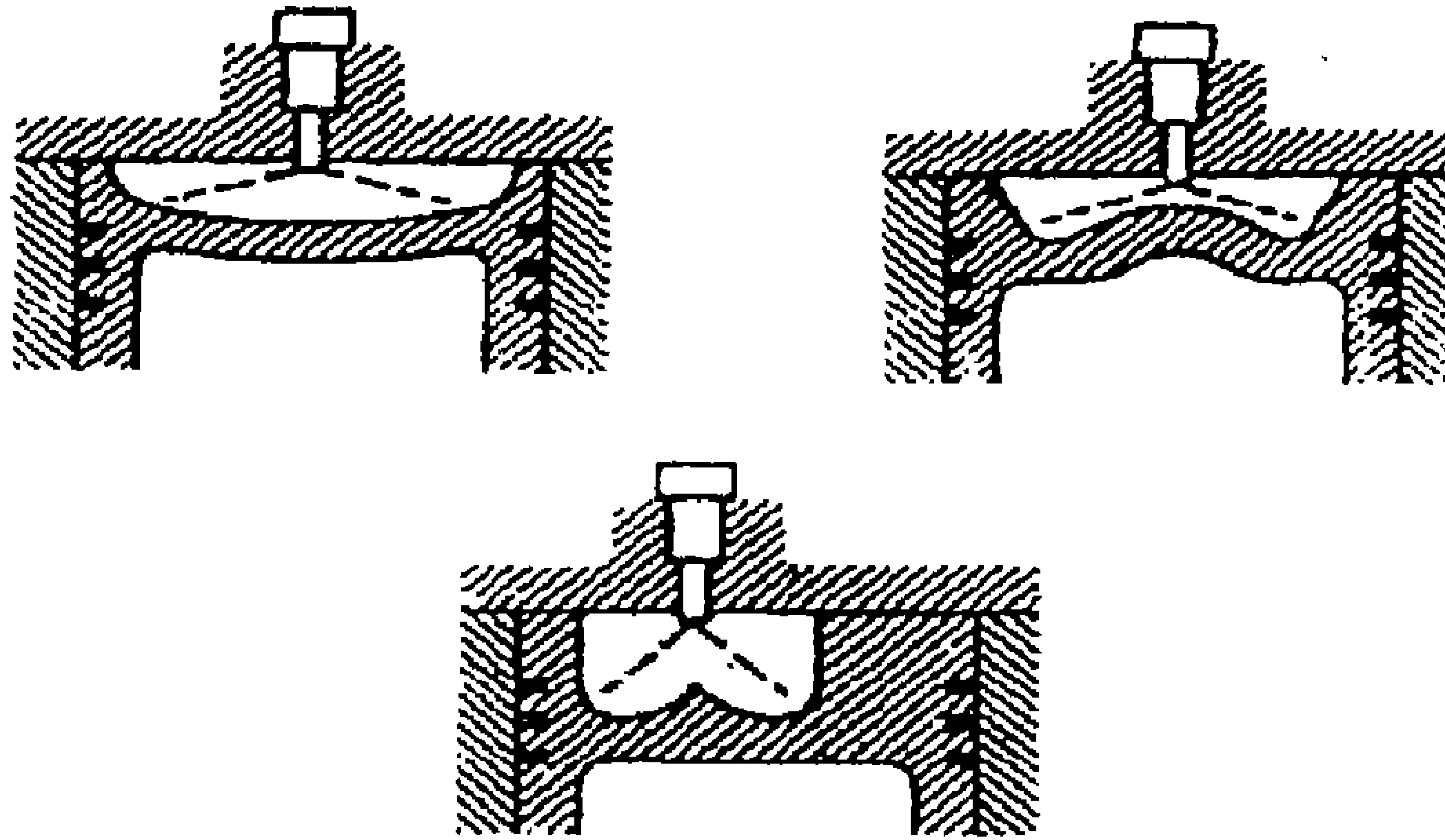
3- ضغوط حقن مرتفعة تؤدي إلى:

أ- قدرة عالية لدوران المضخة.

ب- عمر افتراضي أقل لمضخة الحقن.

ج- احتمال حدوث تنقيط من الرشاش عند حدوث اقل تأكل لإبرة الرشاش.

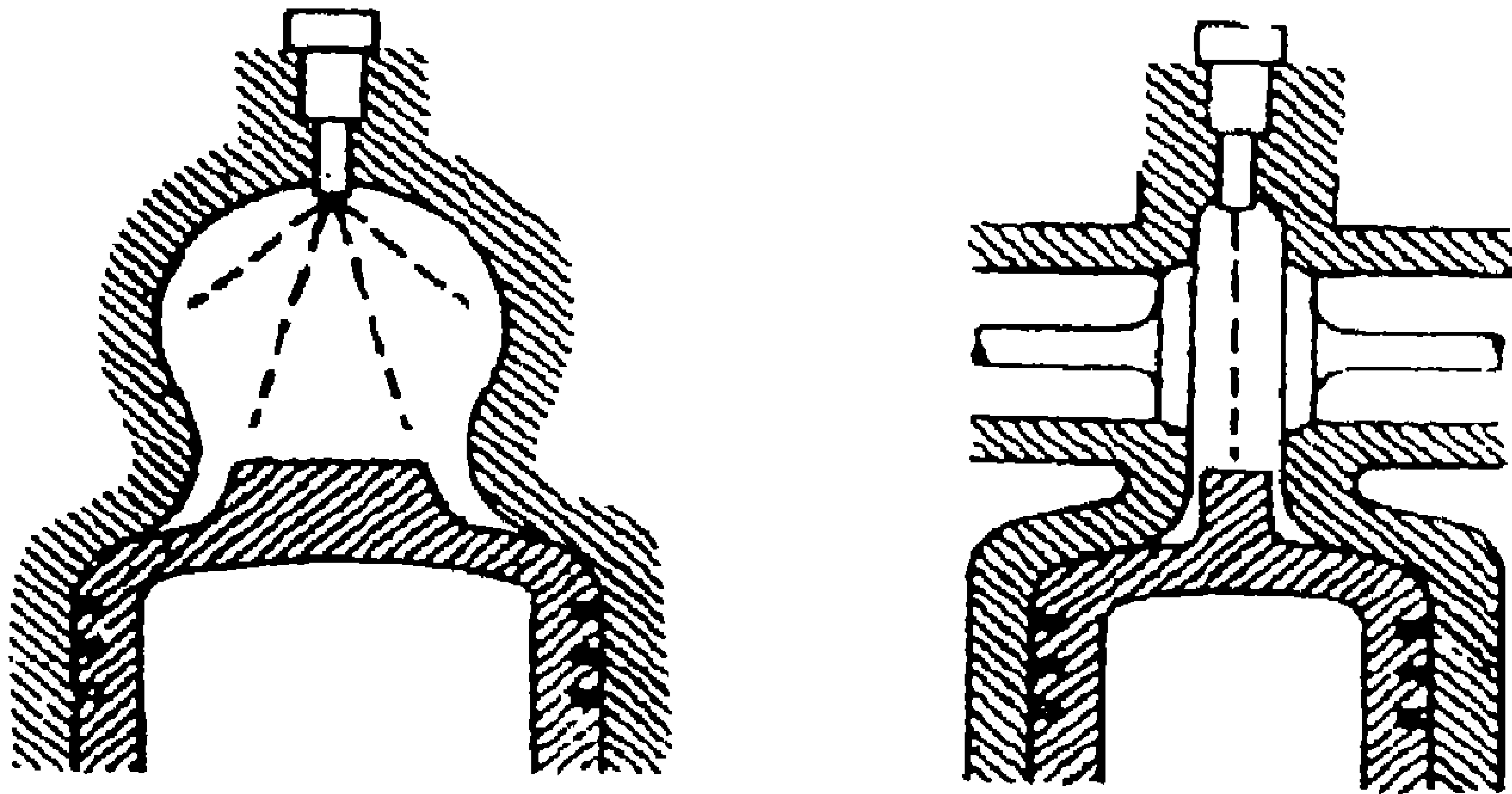
4- عدم وجود أي وسيلة مساعدة لتقصير فترة عطلة الإشعال مما يؤدي لاستخدام وقود ذي رقم سيتان مرتفع.



الشكل(2-12) نماذج لغرف احتراق منبسطة بدون دوامة

2- غرف منبسطة (مفتوحة) ذات مكبس طارد :-

تكون غرفة الاحتراق بين صمامي السحب والعادم تتكون بها إثارة الهواء أثناء شوط الضغط عند دخول المكبس في العنق بين الاسطوانة وغرفة الاحتراق. شكل (2-13).



الشكل(2-13) يبين غرفة احتراق ذات مكبس طارد

3- غرف منبسطة (كروية) ذات دوامة من الشحن :-

في هذه الغرف يتم الحصول على إثارة الهواء (حركة دوامية) عن طريق تصميم مجاري السحب على شكل حلزوني.

ويمكن زيادة الحركة الدوامية بعمل تجويف برأس المكبس على شكل شبه كروي – شكل (2-14) أو شكل (2-15).

عام 1954م ابتكرت شركة أم.أ.إن MAN غرفة احتراق شكل (2-14) مهدت السبيل لتطوير غرف الاحتراق الأخرى نظراً للنتائج الايجابية التي أظهرتها المحركات التي تزود بهذه الغرف وكانت الفكرة في اختيار اتجاه حقن الوقود داخل الشكل الكروي متوافقاً مع حركة الهواء الدوامية مما يساهم في احتراق جيد.

ويلاحظ في هذه الغرف:

المرحلة الأولي :-

1- لحقن برشاش ذي ثقبين قطر كل منهما 0.4 مم وبضغط 175 بار.

2- يختلط 5% من رذاذ الوقود المحقون بالهواء الذي يدور في غرفة الاحتراق بسرعة 100 متر في الثانية (يكتسب الهواء السرعة وحركة الدوران من شكل مجاري السحب الحلزونية) وهي تكفي لبدء الاحتراق.

المرحلة الثانية :-

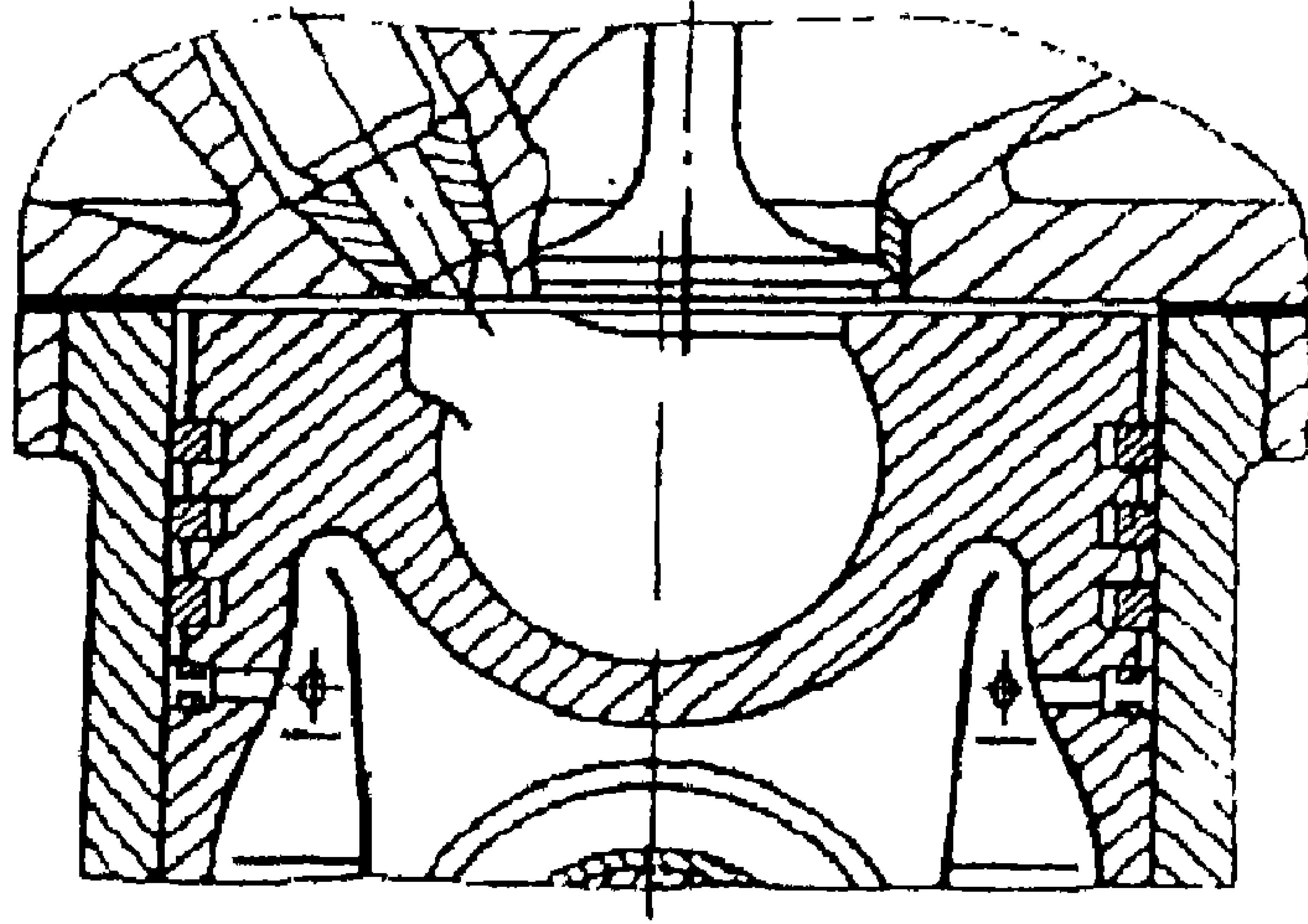
3- بقية الوقود المحقون ينتشر على سطح غرفة الاحتراق الكروي ولابد من تبخره ثم احتراقه لهذا تستغرق المرحلة الثانية للاحتراق وقتاً أطول من المرحلة الأولي إذ لا يتوقف معدل الاحتراق على رقم السيتان للوقود بل على معدل كسح حركة الهواء الدوامية لأبخرة الوقود الملتصق بجدار الغرفة.

مزايا غرف الاحتراق المنبسطة ذات دوامة من الشحن :-

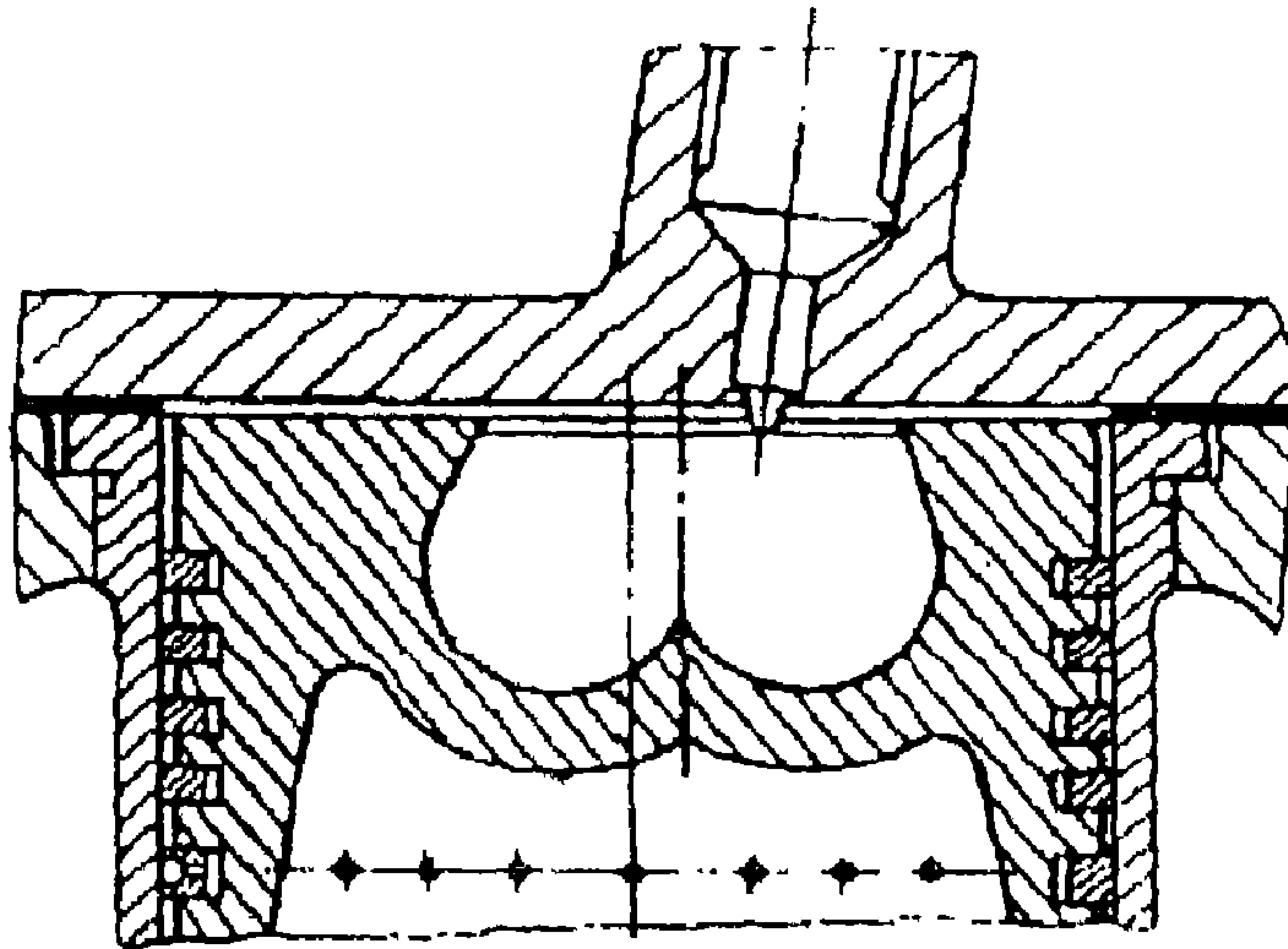
1- استخدام أي نوع من الوقود بصرف النظر عن رقم السيتان.

2- استهلاك وقود أقل من الغرف الأخرى.

أما العيوب فهي تكاد لا تذكر.



الشكل(2-14) يبين غرفة احتراق محرك **MAN**



الشكل(2-15) يبين غرفة احتراق ذات تجويفين

جدول مقارنة بين أنواع غرف احتراق محركات الديزل من حيث:

نوع غرفة الاحتراق	موقع غرفة الاحتراق	حقن الوقود بالرشاش	موقع حدوث الاحتراق	ملاحظة
1- غرفة ذات دوامة (دوامية)	خارج الاسطوانة: بكتلة الاسطوانات. أو بغطاء الاسطوانات .	بداخل غرفة الإثارة	بداخل غرفة الإثارة	------ ------ ------ ------ ------ ------
2- غرفة الإثارة أثناء الحريق (غرف احتراق جزئي).	خارج الاسطوانة : بغطاء الاسطوانة	بداخل غرفة الاحتراق الجزئي.	بداخل غرفة الاحتراق الجزئي وفراغ الاسطوانة	------- ------- ------- -------
3- غرف خلية الهواء	بكتلة المكبس أو بغطاء الاسطوانات	بغرفة الاحتراق الرئيسية	بغرفة الاحتراق الرئيسية	قد تستخدم مع غرف ذات دوامة أو غرف احتراق جزئي
4- غرف خلية الطاقة	بغطاء الاسطوانات مقابل للرشاش	بغرفة الاحتراق الرئيسية وخلية الطاقة	بغرفة الاحتراق الرئيسية وغرفة الطاقة	------- ------- ------- -------
5- غرف منبسطة (مفتوحة)	برأس المكبس (غرفة احتراق رئيسية)	بداخل غرفة الاحتراق الرئيسية	بداخل غرفة الاحتراق الرئيسة	------- ------- ------- -------

اسئلة للمناقشة

س1. متى ظهرت اهمية شكل غرف الاحتراق بالمحركات؟

س2. ما هو الشرط الاساسى الذى يجب توافره فى غرفة الاحتراق بالمحركات الصغيره السريعة ؟

س3. ماهى وظيفة غرفة الاحتراق بمحركات الديزل ؟

س4. ماهى الشروط الواجب فى غرفة الاحتراق بمحركات الديزل؟

س5. ماهى العوامل التى تحدد تصميم غرف الاحتراق فى محركات الديزل؟

س6. تصنف غرف الاحتراق بمحركات الديزل من حيث :-

أ-حجم المحرك ب- منظومة الحقن ....وضح ذلك؟

س7. ما هى أنواع غرف الاحتراق بمحركات الديزل ؟

وأذكر بعض الامثلة على كل نوع؟

س8. للحصول على حركة دوامية قوية بغرف الاحتراق الدوامية , فان هذه الغرف تنقسم الى قسمين من حيث تصميمها ....وضح ذلك؟

س9. أشرح مع الرسم نظرية عمل كل من :-

a. غرفة كوميث ريكاردو .

b. غرفة برنكز.

c. غرفة هرقل.

س10- أذكر مميزات وعيوب غرف الاثاره (الدوامية)؟

س11- ماذا تعرف عن غرف الاحتراق الجزئى , وماهى المحركات التى تزود بهذه الغرفة؟ وماهى أهم الملاحظات على كل غرفة تركب بهذه الانواع بالمحركات؟

س12- علل:-

ا- توضع شمعة تسخين بحيث يلمس قطبها رذاذ الوقود المحقون من ثقوب الرشاش

فى غرفة محرك مرسيدس بنز.

ب- يفضل ارتفاع الضغط بغرفة الاحتراق الجزئية بمحرك كتربلر.

س13. ماهى مميزات وعيوب غرف الاحتراق الجزئية؟

س14. يتم تصميم غرفة خلية الهواء فى رأس المكبس أو فى رأس الاسطوانات , وضح ذلك موضحا نسبة حجم غرفة خلية الهواء الى حجم غرفة الاحتراق وماهى اهم انواع غرف ذات خلية الهواء وماهى خواص ومميزات كل منها؟

س15. يفوق انتاج المحركات المزودة بغرفة الاحتراق ذات خلية الطاقة عن المحركات المزودة بغرف احتراق ذات خلية الهواء ...... وضح ذلك؟

س16. ماهى مميزات وعيوب الغرف ذات الخلية (الهواء-الطاقة)؟

س17. اذكر ماتعرفة عن الغرف المنبسطة (المفتوحة) وما هى مميزاتها وعيوبها؟

س18. أذكر ما تعرفة عن الغرفة المنبسطة أو المفتوحة ذات المكبس الطارد مع التوضيح بالرسم المبسط؟

س18. كيف يمكن الحصول على اثارة الهواء او الحركة الدوامية بالغرفة الكروية الدوامية ؟ وكيف يتم احتراق الوقود بها ؟

س19. ماهى أهم مزايا غرف الاحتراق المنسطة ذات دوامة من الشحن؟

س20. قارن بين غرف الاحتراق بمحركات الديزل من حيث كل من:

أ- موقع غرفة الاحتراق .

ب- حقن الوقود بالرشاش.

ج- موقع حدوث الاحتراق.

2

الجزء الثانى

محركات الديزل

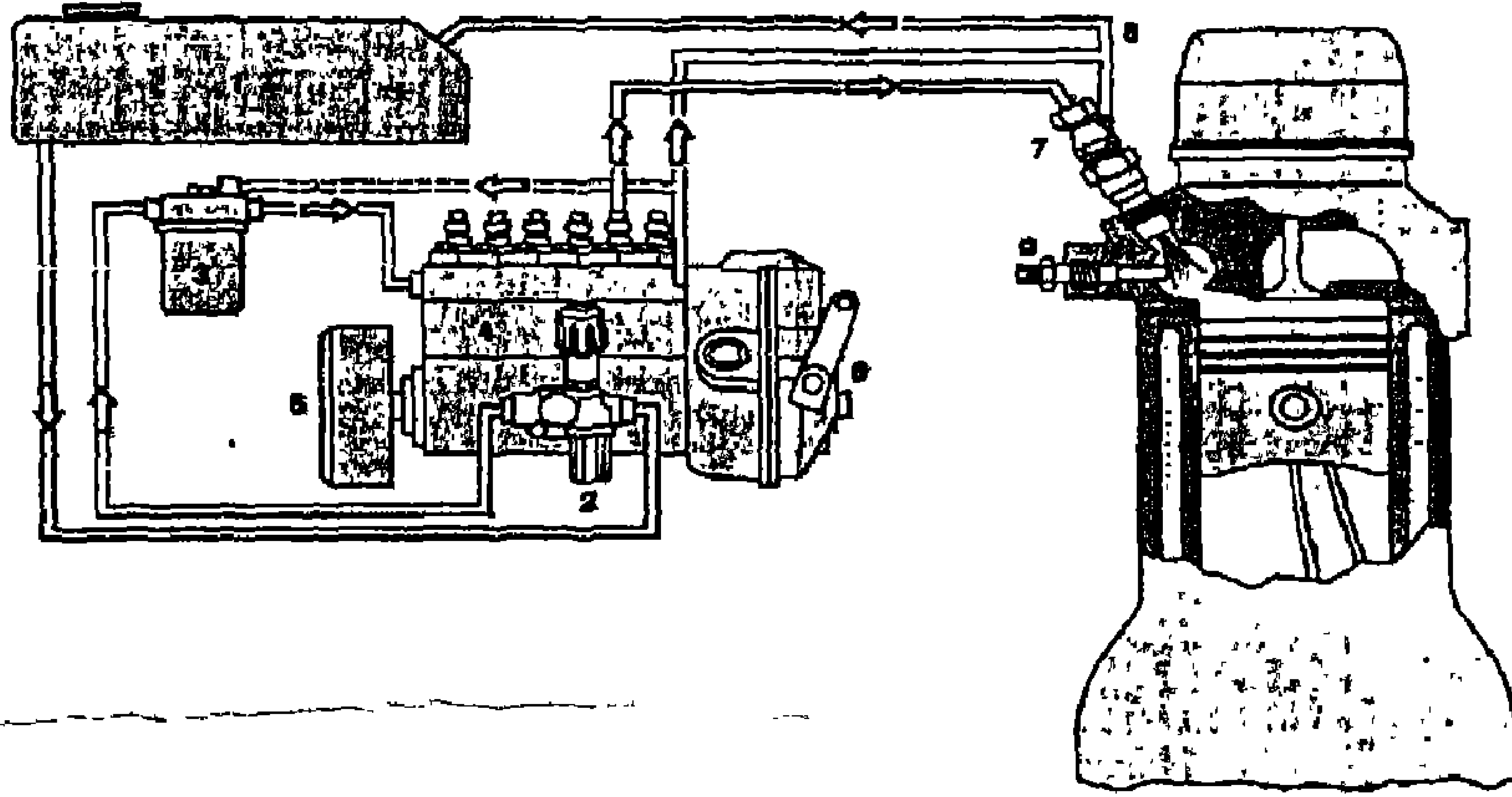
3

الباب الثالث

حقن الوقود بمحركات الديزل

1-3 منظومة حقن الوقود بمحركات الديزل

تقوم أجهزة حقن الوقود بإمداد محركات الديزل بالوقود الــلازم لإدارة المحــرك حيث تعتبر منظومات حقن الوقود بالنسبة لمحركات الإشعال بالــضغط " محركــات الديزل " كالقلب النابض بالنسبة لجسم الإنسان والشكل (1-3) يوضح أجزاء منظومة الحقن والتي تتكون من الخزان ومضخات الحقن والحــاقن والمرشــحات ومــضخة تحضير الوقود والمنظم وجهاز التوقيت والأنابيب أو المواســير النحاســية لتوصــيل الوقود وأنابيب الفائض ولضمان عمل محرك الديزل بأعلى كفاءة للحصول على القدرة المطلوبة ويجب أن تتوفر شروط هامة جداً في منظومة الحقن يمكن ذكرها كما يلي:-



الشكل (1-3) يوضح أجزاء منظومة الحقن

1- خزان الوقود
2- مضخة تحضيرية
3- فلتر
4- مضخة حقن
5- أداة التوقيت
6- منظم
7- بخاخات
8- أنابيب التوصيل

1- يجب أن تقوم مضخة الحقن بمعايره أو قياس كمية الوقــود الــلازم حقنهــا وبالتالي إمداد المحرك بكمية الوقود المناسبة عنــد الــسرعات والأحمــال المختلفة للمحرك أي ضبط وتنظيم معدل الحقن للوقود .

2- يجب أن تقوم مضخة الحقن بضبط أو توقيت ميعاد للوقود .
3- يجب أن يقوم صمام الحاقن بتذرية أو تجزئة الوقود إلى ذرات صغيرة .
4- يجب أن يتم توزيع الوقود في غرف احتراق المحرك بكميات متساوية بحيث ينتشر الوقود في جميع أنحاء غرف الاحتراق بشكل متجانس مع الهواء المضغوط بغرف احتراق المحرك أثناء شوط الضغط .

2-3 دورة الوقود بمحرك الديزل Fuel system in Diesel Engine :-

تبدأ دورة الوقود بمحرك الديزل من الخزان حيث تقوم مضخة الوقود التحضيرية بسحب الوقود من الخزان وتقوم بضغطه إلى المرشح Filler للتخلص من الشوائب العالقة بالوقود ثم يخرج الوقود من المرشح إلى مضخة الحقن الرئيسية حتى نقوم بضغط الوقود بالكمية المناسبة وعند ضغط معين إلى جميع اسطوانات المحرك كل على حده وبكميات متساوية على حسب ترتيب الحقن والإشعال بالمحرك حيث ينتقل الوقود خلال مواسير معدنية ذات ضغط عالي من مضخة الحقن الرئيسية إلى الرشاشات (صمامات الحقن) التي تقوم بحقن الوقود داخل غرف الاحتراق بمحركات الديزل.

ويمكن شرح الشروط الواجب توافرها بمنظومات الحقن بشئ من التفصيل كما يلي:-

1- معايره أو قياس مضخة الحقن للوقود المحقون :

يقصد بمعايره أو قياس مضخة الحقن للوقود المحقون هو أن تقوم المضخة بضخ الوقود بالكمية التي تم ضبط المضخة عليها وتكون بكميات متساوية في جميع اسطوانات المحرك ومناسبة لسرعات وأحمال المحرك المختلفة حتى يصل المحرك إلى حالة الاتزان ودورانه بسرعة منتظمة .

2- توقيت الحقن :-

يقصد بتوقيت الحقن هو تحديد موعد بدء الحقن لضمان احتراق الوقود

احتراقاً تاماً ونظيفاً للحفاظ على البيئة وممكن يحدث الحقن بعد موعده ويسمي بالحقن المتأخر أو يحدث الحقن قبل موعده ويسمي بالحقن المبكر وكل منهما غير مرغـوب فيه وذلك لان الحقن المتأخر يؤدي إلى استمزار حقن الوقود بعد بداية شوط القدرة ولا ينتهي بنهاية شوط الضغط وذلك يمثل شغل سالب أو مفقود وبالتالي تقل قدرة وكفاءة المحرك عن قدرته وكفاءته الفعلية وقد يستمر احتراق الوقود إلى أن يقترب المكـبس من النقطة الميتة السفلي أثناء حركته إلى أسفل في شوط التشغيل (شوط القدرة) وأحياناً يستمر الاحتراق إلى بداية فتح صمامات العادم وبالتالي يزداد معدل الاسـتهلاك فـي الوقود مع ارتفاع درجة حرارة العادم ويكون لون العادم اسود قاتم لخـروج الوقـود بدون احتراق مع غازات العادم وبالتالي لا يحدث احتراق تام للمحرك بينمـا الحقـن المبكر هو حقن الوقود قبل موعده أي يحدث الحقن عندما لا يكون الهواء المـضغوط داخل اسطوانات المحرك وصل إلى درجة الحـرارة والـضغط المناسـب والـلازم لاحتراق هذا الوقود ذاتياً وبالتالي فأن الوقود لا يشتعل مباشرة بعد حقنه بـل يتـراكم ويتجمع الوقود المحقون داخل اسطوانات المحرك ثم يحدث له اشتعال مفـاجئ عنـد وصول الضغط ودرجة حرارة الهواء المضغوط بالاسطوانات إثناء شوط الضغط إلى درجة الحرارة والضغط المناسب واللازم للاشتعال ذاتياً وينتج هذا الاشتعال المفـاجئ حدوث دق عالي بالمحرك مع ارتفاع صوت المحرك.

3- ضبط وتنظيم معدل الحقن وأهميته :-

لا يقل ضبط وتنظيم معدل الحقن أهمية عن توقيت الحقن وذلك لأنه إذا تـم حقن الوقود في موعده الصحيح بمعدل حقن بطئ إلى درجة كبيرة فإن ذلك يتشابه مع حالة الحقن المتأخر وما لها من عيوب وكذلك إذا تم حقن الوقود في موعده الـصحيح بمعدل حقن سريع إلى درجة كبيرة فإن ذلك يتشابه مع الحقن المبكر ومـا لهـا مـن عيوب.

4- تذرير الوقود وتجزئته :-

تتوقف درجة تذرير الوقود بالمحرك على شكل غرفة الاحتراق فعلي سبيل المثال تحتاج غرف الاحتراق المفتوحة ذات الحقن المباشر إلى درجة عالية من التذرير لسرعة تبخر الوقود ولتعرض اكبر سطح ممكن من الوقود لأكسجين الهواء مما يساعد على الإسراع في بدء الاشتعال للوقود والوصول بالاحتراق إلى الاحتراق التام.

5- توزيع الوقود :-

يجب أن يتم توزيع الوقود إلى جميع الاسطوانات بالمحرك بكميات متساوية ومناسبة لسرعات وأحمال المحرك المختلفة ويكون التوزيع في صورة رذاذ أو بخار للوقود حتى لا يتكثف على جدار اسطوانة المحرك وخاصة بالجانب المواجه للحاقن ويعمل على إذابة طبقة زيت التزييت وخاصة عند بداية الدوران والمحرك بارد مما يزيد من معدل الاحتكاك بين الأجزاء الدوارة بالمحرك مثل المكبس وجدار الاسطوانة وبالتالي يزداد معدل التآكل وحدوث البري wear بجدار الاسطوانة وهذا الموضوع خطر جداً لان استمرار ذلك لفترة طويلة يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة هذه السطوح المتحركة والمحتكة إلى درجة عالية جداً مما يؤدي إلى انصهار السطحين المحتكين وحدوث التصاق وقفس لهما والذي يؤدي إلى انهيار وتدمير المحرك وكذلك يمكن إن تتجمع ذرات من زيت التزييت على فوهة صمام الحقن وتتحول إلى رواسب كربونية تعمل على سد فوهته ويجب أن يتم توزيع الوقود في غرفة الاحتراق بحيث يصل رذاذه إلى جميع الأجزاء التي يتوافر فيها الأكسجين وينتج من عدم توزيع الوقود توزيعاً جيداً في غرفة الاحتراق وبقاء جزء من الأكسجين بدون استعمال مما يخفض من مقدار قدرة المحرك.

3-3 مضخات حقن الوقود بمحركات الإشعال بالضغط :-

تعتبر وظيفة مضخة الحقن من أهم وأدق وظائف أجزاء المحرك المختلفة حيث

تعمل عند سرعات عالية ولذلك توجد عدة عوامل تحدد كمية الوقود المطلوب حقنهـا داخل كل اسطوانة وهذه العوامل هي كما يلي :-

1- عدد اسطوانات المحرك وحجم كل اسطوانة.
2- سرعة المحرك .
3- الحمل المؤثر على المحرك.

ويلاحظ أن جميع هذه العوامل هي التي تحدد كمية الوقود التي تحقـن فـي كـل اسطوانة ويجب أن تكون هذه الكمية متساوية في جميع الاسطوانات وتكون مناسـبة لسرعة المحرك والحمل المؤثر عليه وذلك في وقت صغير جداً يتم التحكم فيـه عـن طريق جهاز توقيت الحقن Timing device ولكي تعمل المضخة بكفاءة عالية للحصول على تذرير جيد للوقود يجب أن تعمل المضخة على ضغط يتراوح ما بين 100 إلـى 300 ضغط جوي وهو أعلى من الضغط الجوي داخل اسطوانات المحرك في نهايـة شوط الضغط والذي يصل إلى 30 ضغط جوي وللتحكم في عدم تسرب الوقود مـن بين مكبس المضخة واسطوانته تحت تأثير هذا الضغط العالي فإن الخلـوص بينهمـا يجب أن يكون صغيراً جداً ويصل إلى 0.005 مم ولهذا يجب عدم تغيير احدهما دون الأخرى وتوجد ملاحظات هامة على مضخات الحقن يمكن سردها كما يلي :-

1- يجب أن يكون لكل اسطوانة مضخة خاصة وصمام حقن خاص مع ملاحظة أن تجمع هذه المضخات كلها في غلاف واحد كوحدة واحدة وعلى صـف واحـد وتؤخذ منها أنابيب وتتصل كل أنبوبة على حدة بين المضخة وصـمام الحقـن الخاص لكل اسطوانة حيث يقوم صمام الحقن بتذرير الوقود في الوقت المناسب لبدء الاحتراق.
2- يلاحظ في بعض المحركات تركيب المضخة وصمام الحقن معاً في وحدة توفيراً للأنابيب المتفرعة لكل اسطوانة.
3- توجد في بعض المحركات مضخة واحدة لجميع اسطوانات المحرك يلحق بهـا

موزع يقوم بتوزيع الوقود على اسطوانات المحرك على حسب دورها في ترتيب الاحتراق وذلك عن طريق أنابيب تصل ما بين المضخة وصمامات الحقن لكل اسطوانة وتسمي هذه المضخة بمضخة الحقن الدائرية أو مضخة التوزيع Distribution Pump .

4-3 أنواع أنظمة حقن الوقود :-

تنقسم مضخات حقن الوقود إلى الأنواع الآتية :-

أولا : مضخات الحقن المستقيمة PE-Type :-

Standard PE in-line injection pumps

توجد عدة تصميمات لمضخة الحقن المستقيمة PE-Type حيث يتوقف تصميمها على سرعة الدوران وحجم المضخة ووزنها وتتنوع مضخة الحقن المستقيمة (PE) إلى الأنواع آلاتية :-

1- مضخة حقن Size (M) — M-Type injection pump

2- مضخة حقن Size (A) — A- Type injection pump

3- مضخة حقن Size (MW) — MW-Type injection pump

4- مضخة حقن Size (p) — P-Type injection pump

5- مضخة الحقن المستقيمة ذات التحكم بالجلبة — IN-Line control – sleeve injection pump

ثانيا : مضخات الحقن الدائرية (مضخات التوزيع)

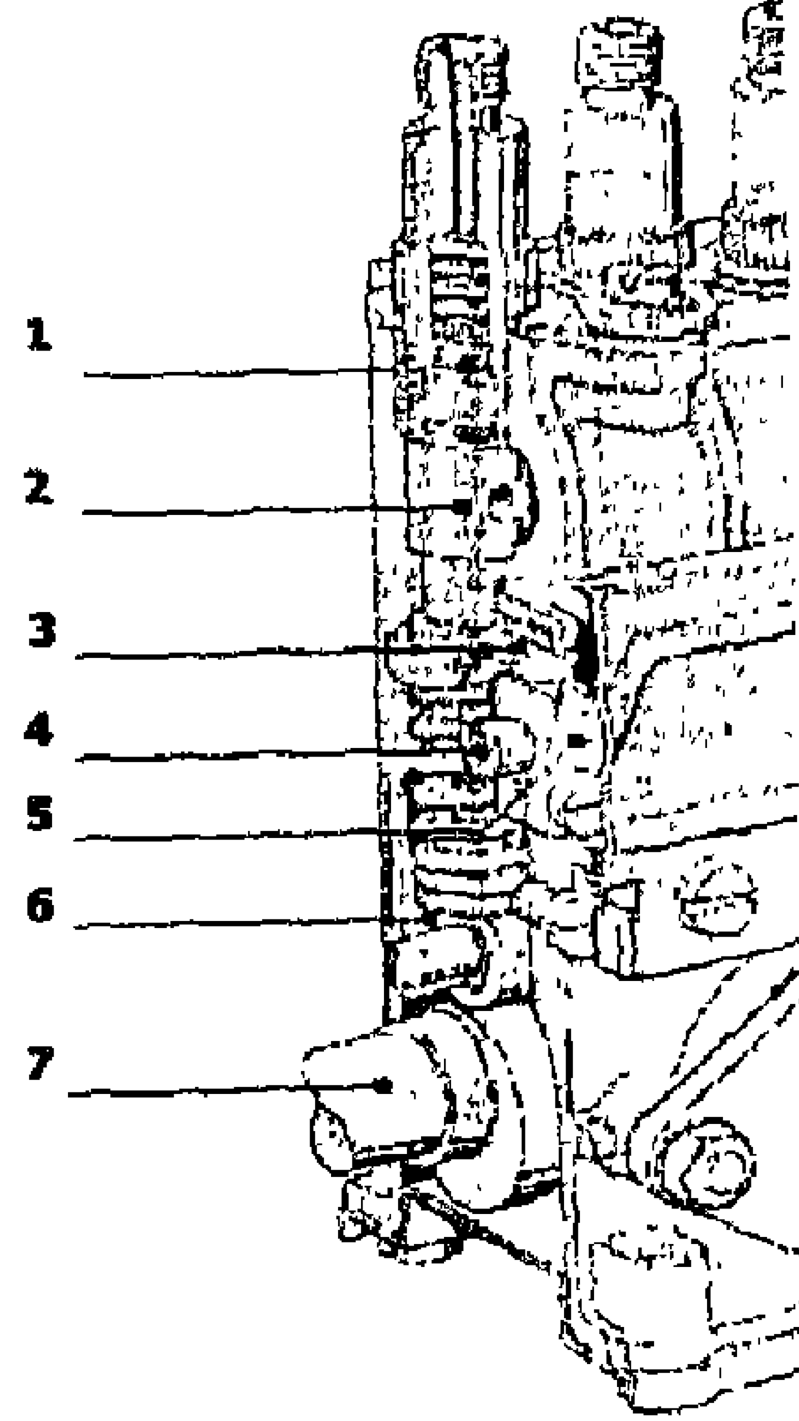
VE-Type Distribution injection pumps –:

أولا : مضخات الحقن المستقيمة PE-Type :-

1- مضخة الحقن المستقيمة من نوع size (M) :-

يوضح الشكل (3-2) مضخة حقن Size (M) وهي تعتبر أصغر المضخات المستقيمة حيث يفتح الغطاء الجانبي تتضح أجزاء وحدات الحقن حيث يلاحظ وجود

المكبس ووحدة الضغط موضوعة مباشرة فوق تابع الكامة ببكرة أخـرى ذات قطـر مناسب ويتم تزييت عمود الكامات بمضخة الحقن بواسطة زيت التزييت.

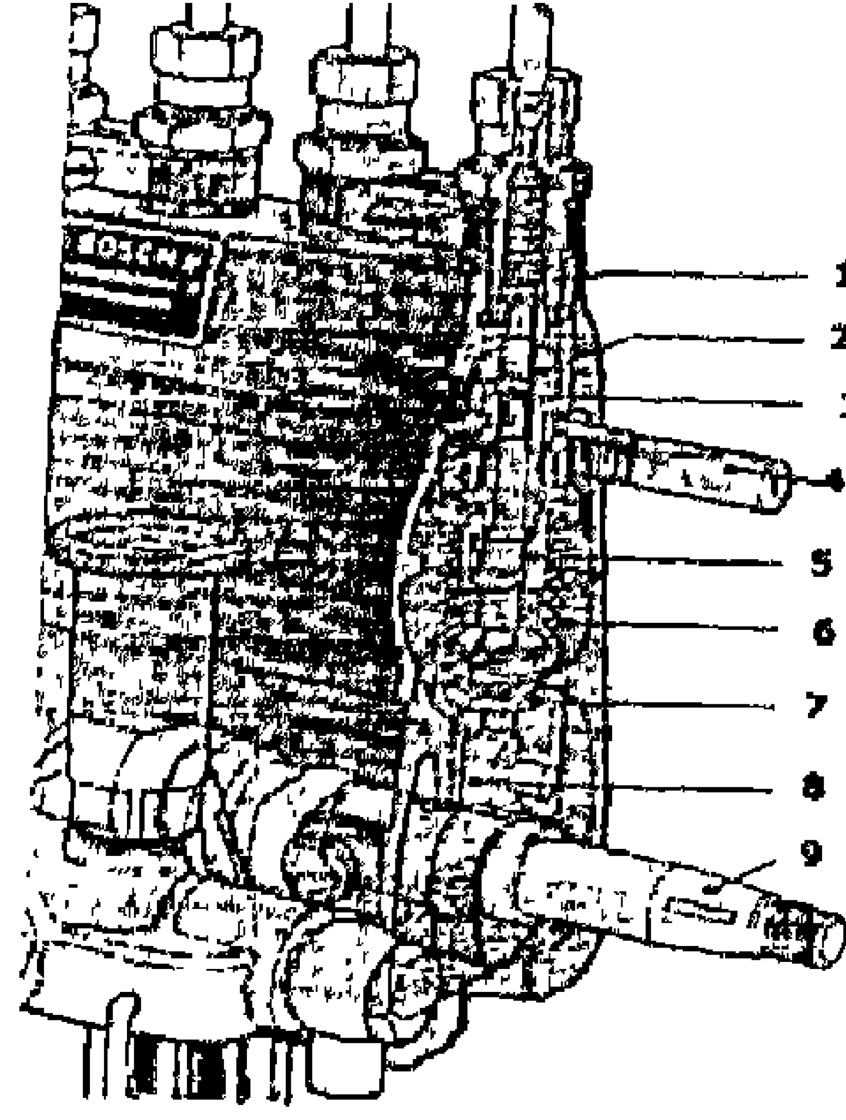


الشكل (2-3) يوضح مضخة حقن Size M

1- صمام الضغط
2- اسطوانة المضخة
3- ذراع الترس الجزئي
4- الجريدة المسننة
5- جلبة وصل ذراع الترس بالجريدة
6- تابع الكامة
7- عمود الكامات

2- مضخة الحقن المستقيمة من نوع Size (A) :-

يوضح الشكل (3-3) مضخة حقن مستقيمة من نوع (A) Size وهذه المضخة كبيرة الحجم وذات ضغط أعلى إذا ما قورنت بمضخة الحقن المستقيمة من نوع (M) Size ويمكن ضبط كمية الحقن بفك الغطاء الجانبي من موضعه ثم تحريـك التـرس الجزئي الموضح بنفس الشكل وكذلك يمكن ضبط مشوار المكبس بواسـطة مـسمار وصامولة الشد بتابع الكامة ويتم تزييت عمود الكامة بهذه المضخة بزيت المحرك.

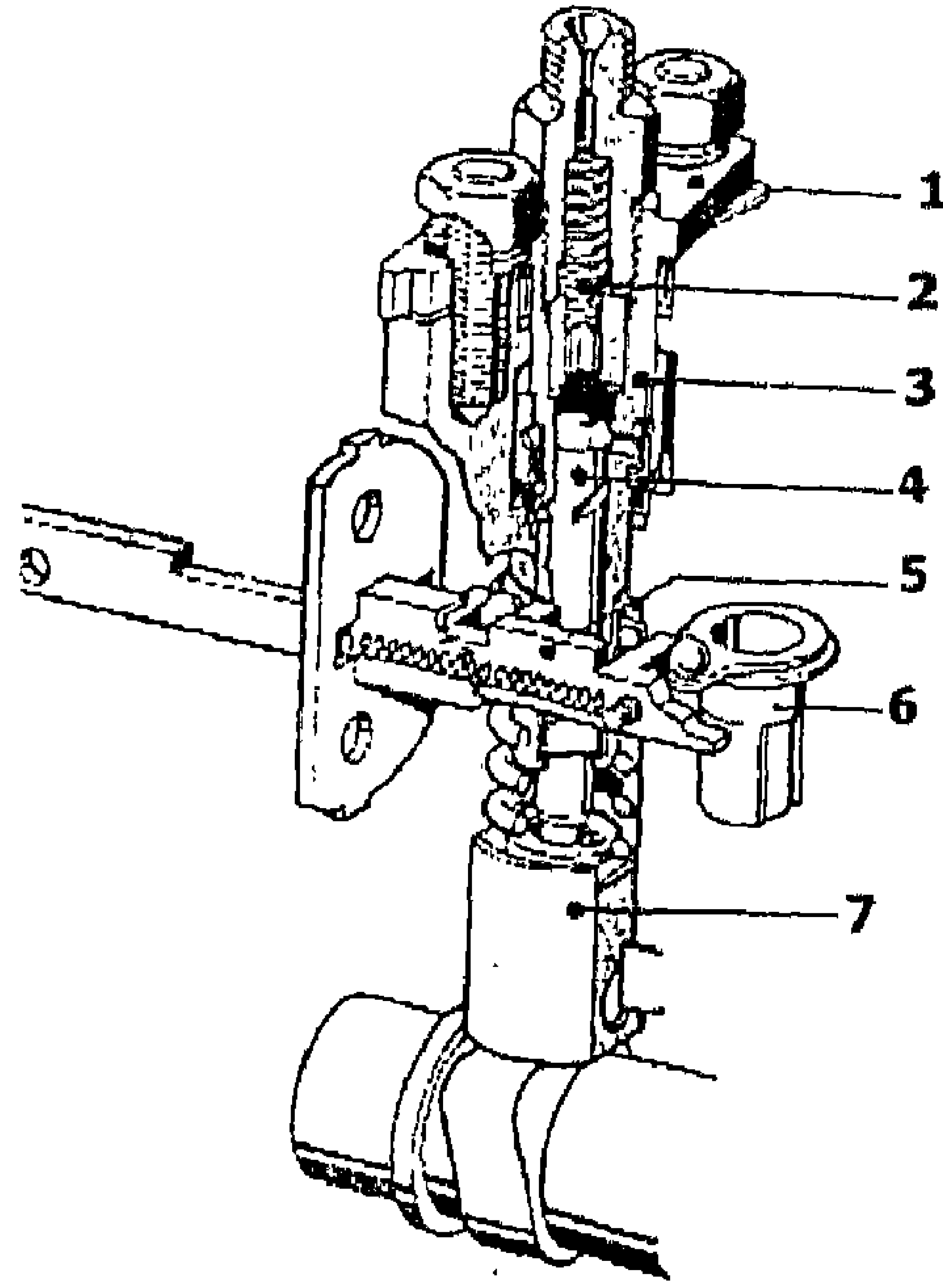


الشكل(3-3) مضخة حقن مستقيمة Size A

1- صمام الضغط (التوصيل)
2- اسطوانة المضخة
3- مكبس الاسطوانة
4- الجريدة المسننة
5- الترس الجزئي
6- نابض إعادة المكبس
7-مسامير الضبط
8- تابع الكامة
9- عمود الكامات

3- مضخة الحقن المستقيمة من نوع Size(MW) :-

الشكل (3-4) يوضح مضخة حقن مستقيمة من نوع Size (MW) والتي تتكون من فلنشه وصمام الضغط واسطوانة المضخة ومكبس المضخة وذراع الدفع وجلبة التحكم وتابع الكامة ولا تحتوى على غطاء جانبي لأجزاء وحدات الحقن ، وتعتبر هذه المضخة أكثر تطوراً من النوعين السابقين وذلك على ضغط أعلى وكفاءة عالية ولذلك تم بناء جسم المضخة من معدن يتحمل هذه الضغوط، ويتم ضبط كمية الحقن لكل وحدة من خلال إدارة الفلنشة بينما يتم ضبط مشوار المكبس بواسطة أقراص صغيرة ذات سمك معين توضع بين الفلنشة وجسم المضخة حيث تزود بذراع تحريك به أماكن لكريات صغيرة (رمان بلي) عوضاً عن الجريرة المسننة وتؤدي نفس عملها ويتم تزييت عمود الكامات لها بزيت المحرك.

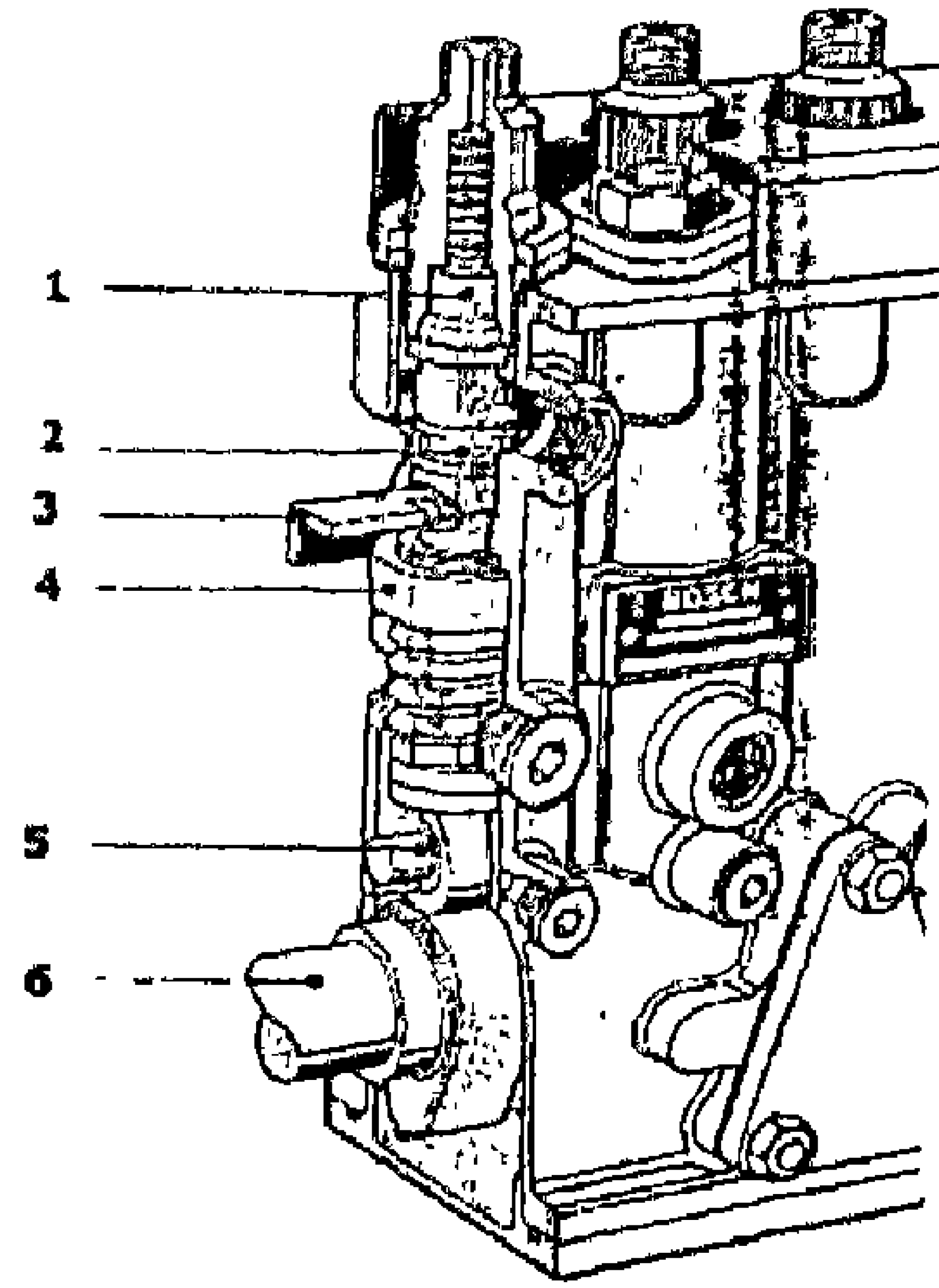


الشكل (3-4) مضخة حقن Size MW

1- الفلنشة
2- صمام الضغط
3-اسطوانة المضخة
4- مكبس المضخة
5- ذراع الدفع
6- جلبة التحكم
7- تابع الكامة

4- مضخة الحقن المستقيمة نوع Size(P) :-

الشكل (3-5) يوضح مضخة الحقن المستقيمة نوع Size(P) حيث أنها تشابه مضخة الحقن المستقيمة Size(MW) من حيث التصميم وطرق ضبط كمية ومشوار المكبس وطريقة تزييت عمود الكامات وأن كانت أكبر حجما وأعلى ضغطاً.

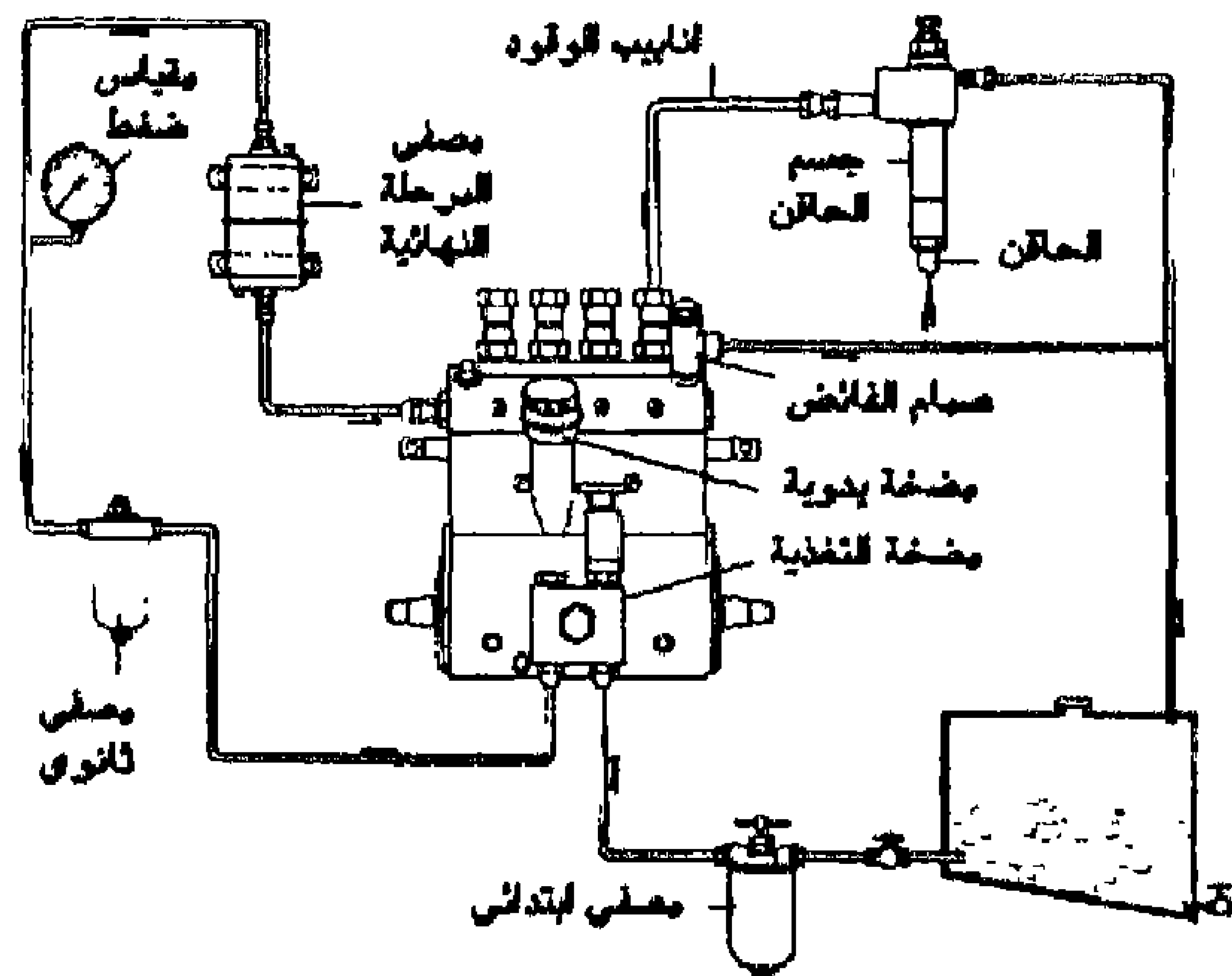


الشكل (3-5) مضخة مستقيمة Size P

1- صمام الضغط
2- اسطوانة المضخة
3- ذراع التحكم
4- جلبة التحكم
5- تابع الكامة
6- عمود الكامات

5-3 أنواع مضخات الحقن من حيث طريقة الحقن :-

تعتبر مضخة الحقن وصمامات الحقن أهم أجزاء دورة الوقود بمحركات الديزل ويتم تركيبها حسب ترتيب معين لمنظومة الوقود وكما بين بالشكل (3-6).

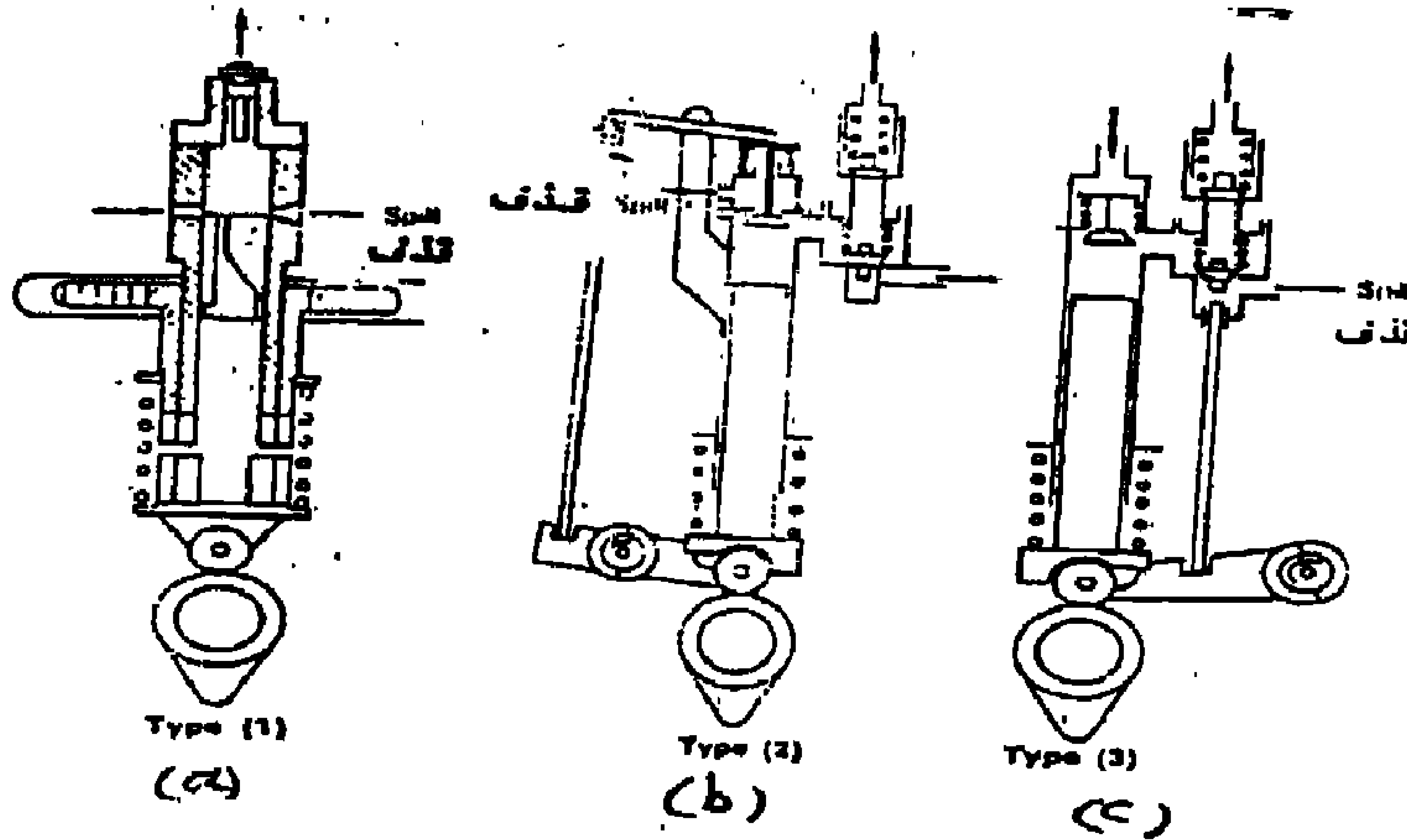


الشكل (3-6) يوضح مجموعة الحقن بمحرك الديزل

وتختلف التصميمات بين أنوع المضخات وان كانت جميعها تهدف إلى القدرة على التحكم في كمية الوقود المضخ ميكانيكيا مع ذراع الوقود وآلياً مع حاكم السرعة حتى تناسب الحمل والسرعة اللازمين للمحرك ويتم عادة تركيب مضخات الحقن في وضع راسي حتى يسهل تصريف فقاعات الهواء منها عند تحضير المحرك للدوران وفيما يلي أهم الأنواع الشائعة في تصميم مضخات حقن الوقود من حيث طريقة الحقن :-

1- مضخة الوقود الدافعة بالتجويف الحلزوني :

وهي تسمى بمضخة بوش وهي أكثر الأنواع انتشاراً ويبدأ الضخ عند زاوية محدودة بالنسبة لعمود المرفق وينتهي الضخ عندما يهرب الوقود المضغوط إلى بوابات أو فتحات القذف من خلال المجرى الحلزوني الموجود بالدافعة كما مبين بالشكل (3-7-a).



الشكل (3-7) يوضح بعض أنواع مضخات الحقن

2- مضخة الوقود ذات صمام القذف المبكر :-

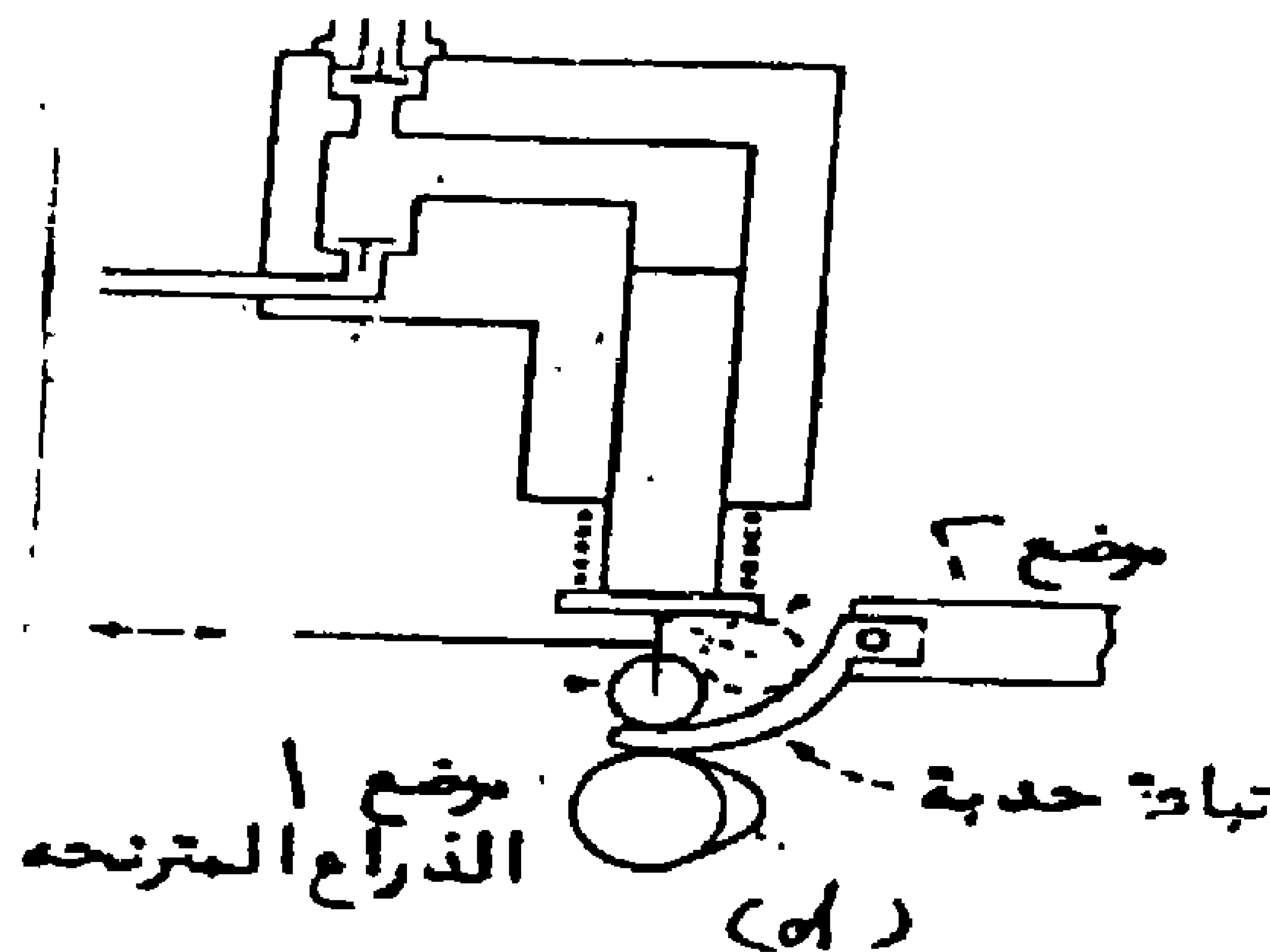
يتم التحكم في كمية الوقود المحقون بهذه المضخة بواسطة صمام قذف يعمل ميكانيكياً بحيث يحول الوقود إلى جانب الشفط عند بداية مشوار الضخ حيث يتم التحكم بتغيير بداية الفتح وليس في نهايته والشكل (3-7-b) يوضح مضخة الوقود ذات صمام القذف المبكر.

3- مضخة الوقود ذات القذف المتأخر :-

يتم التحكم في كمية الوقود المحقون بمضخة الوقـود ذات القـذف المتـأخر بواسطة صمام قذف يعمل ميكانيكياً ويفتح عند نهاية مشوار الضخ بحيث يحول الوقود الزائد إلى جانب الشفط وتختلف عن النوعين السابقين في أن الضخ يبدأ تدريجياً مـن النقطة الميتة السفلى لمشوار دافعة المضخة والشكل (3-7-c) يوضح مضخة الوقود ذات القذف المتأخر.

4- مضخة الوقود ذات الذراع المترنح :-

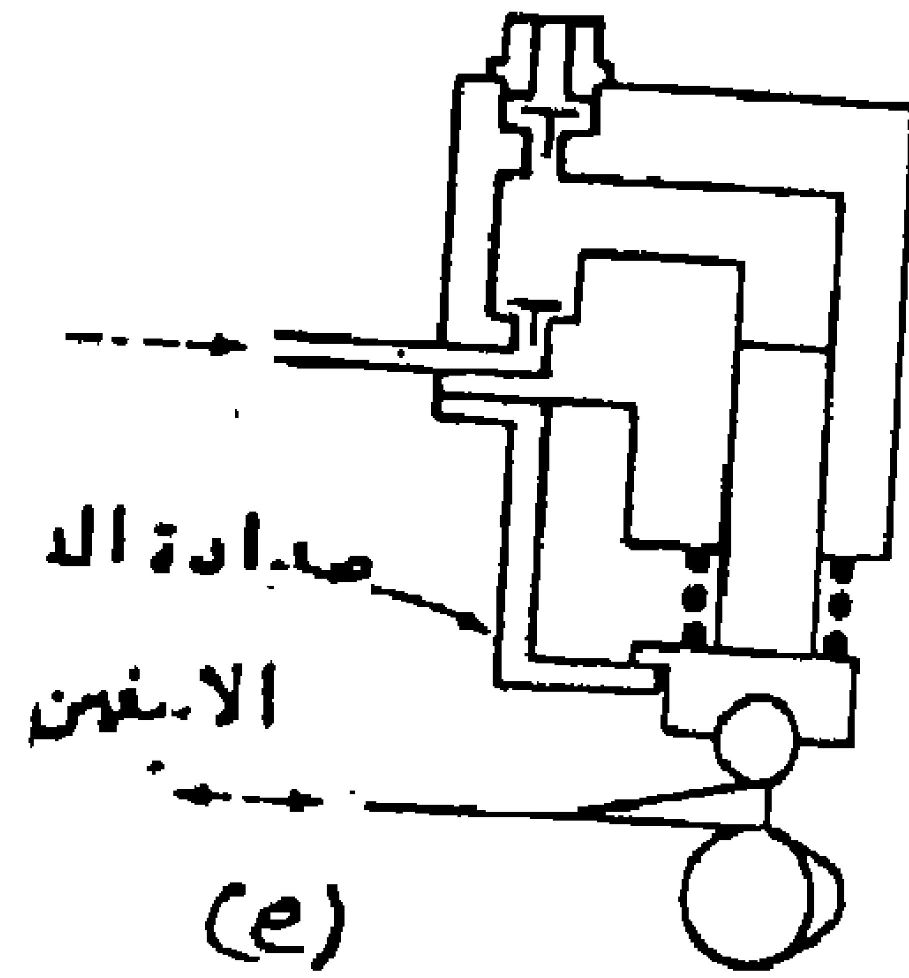
والشكل (3-7-d) يوضح مضخة الوقود ذات الذراع المترنح وهي مـضخة متغيرة المشوار ويكون توقيت بدء الضخ فيها ثابتاً مثل انتهائه وعندما تكون الـدوارة في الموضع (1) تكون إزاحة الدافعة في أقصاها ، أما الموضع (2) للدوارة فلن تكون هناك أية حركة راسية للدافعة ومعني ذلك انقطاع الضخ وقطع الوقود عن المحـرك وبالتالي يتضح أن الذراع الدوار المترنح هو الذي يحدد طـول المـشوار بالمـضخة ويمكن التحكم في كمية الوقود المحقونة عن طريق التحكم في حركة الذراع المتـرنح وعند إيقاف المحرك يجب أن يحرك الذراع المترنح عند موضع ينقطـع فيـه حقـن الوقود.



الشكل (7-3-d) مضخة حقن بالذراع المترنح

5- مضخة التحكم بواسطة الخابور (الإسفين) :-

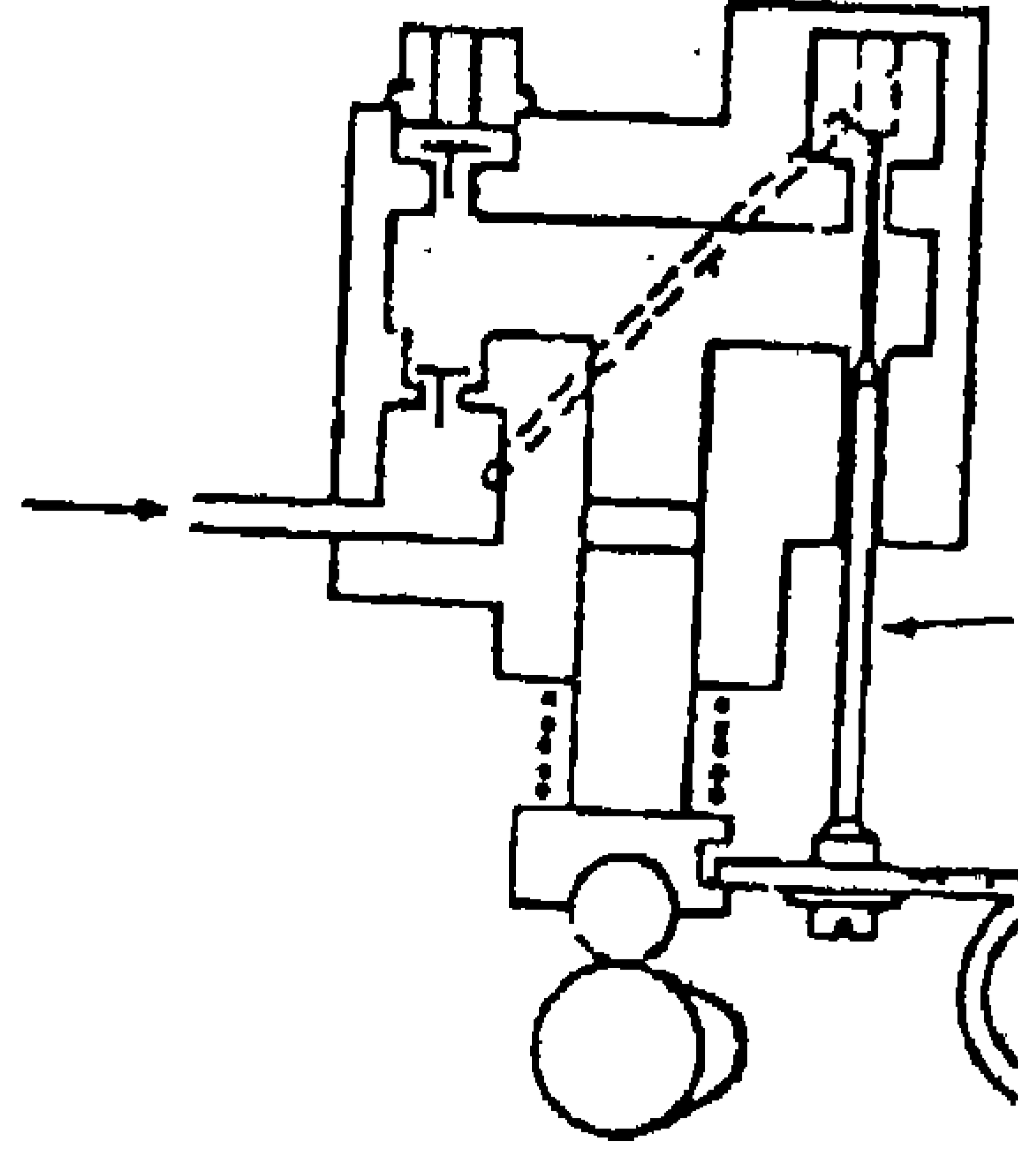
يستخدم في هذه المضخة خابور أو إسفين يستخدم كتابع للكامة بحيث يمكن تغيير معدل تدفق المضخة من قيمة قصوى إلى قيمة دنيا بواسطة تغيير موضع الخابور حيث يتم التحكم في الخابور بواسطة منظم السرعة مع ملاحظة أن كمية الوقود المحقون تعتمد على الخلوص وبين الدافعة والخابور والشكل (e-7-3) يوضح مضخة التحكم بواسطة الخابور مع ملاحظة أن بداية الضخ متغيرة بينما نهاية الضخ ثابتة.



الشكل (e-3-7) مضخة التحكم بالإسفين

6- مضخة الحقن ذات صمام السحب :-

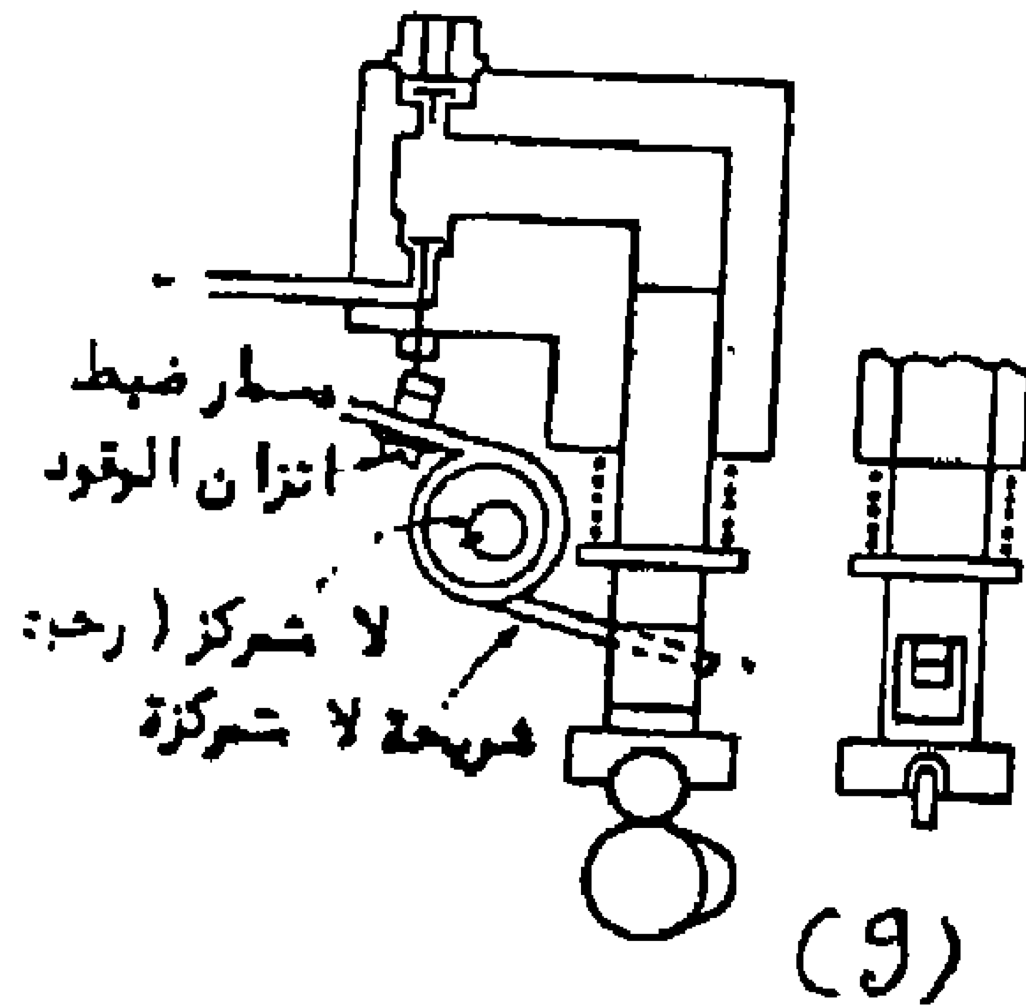
والشكل (f-7-3) يوضح مضخة الحقن ذات صمام السحب ويلاحظ في هذه المضخة أن مشوار الدافعة ثابت بينما يمكن التحكم في معدل تدفق الوقود بواسطة التحكم في تعليق صمام الشفط وجعله مفتوح لجزء من مشوار الدافعة لأعلي ويتم هذا التحكم بواسطة لا متمركز متصل بحزام من أحد أطرفه مع دافعة المضخة حيث يتلامس الطرف الأخر مع مسمار متصل بصمام الشفط ثم يقوم اللامتمركز بتعليق صمام الشفط بعيداً عن مقعده بحيث لا يتصاعد الضغط أثناء مشوار المضخة وبالتالي فلا يحدث الطرد منها مع ملاحظة أن منظم السرعة يتحكم في موضع اللامتمركز وبالتالي يتحكم في كمية الوقود المحقون وبالتالي يكون لهذه المضخة بداية ونهاية متغيرة.



الشكل (7-3-f) مضخة التحكم بتصريف صمام الشفط

7- مضخة التحكم ذات صمام التحويل :-

تعتمد نظرية تشغيل مضخة التحكم ذات صمام التحويل على فكرة التصريف من صمام الشفط ولكنها تحتوى على صمام ثالث يعمل على تهريب الوقود الزائد عن احتياج التشغيل إلى صمام الشفط بالمضخة وبالتالي فإن هذه المضخة تحتوى على ثلاثة صمامات وهما صمام شفط وصمام طرد وصمام تحويل مع ملاحظة أن التحكم في كمية الوقود المحقون تتم عن طريق التحكم في منظم السرعة والذي يتحكم في موضع اللامتمركز والذي يسمح بتغيير نهاية الطرد بينما تكون بدايته ثابتة والشكل (3-7-g) يوضح مضخة ذات ثلاث صمامات أو ذات صمام تحويل.



الشكل (7-3-g) مضخة حقن بتصريف صمام التحويل

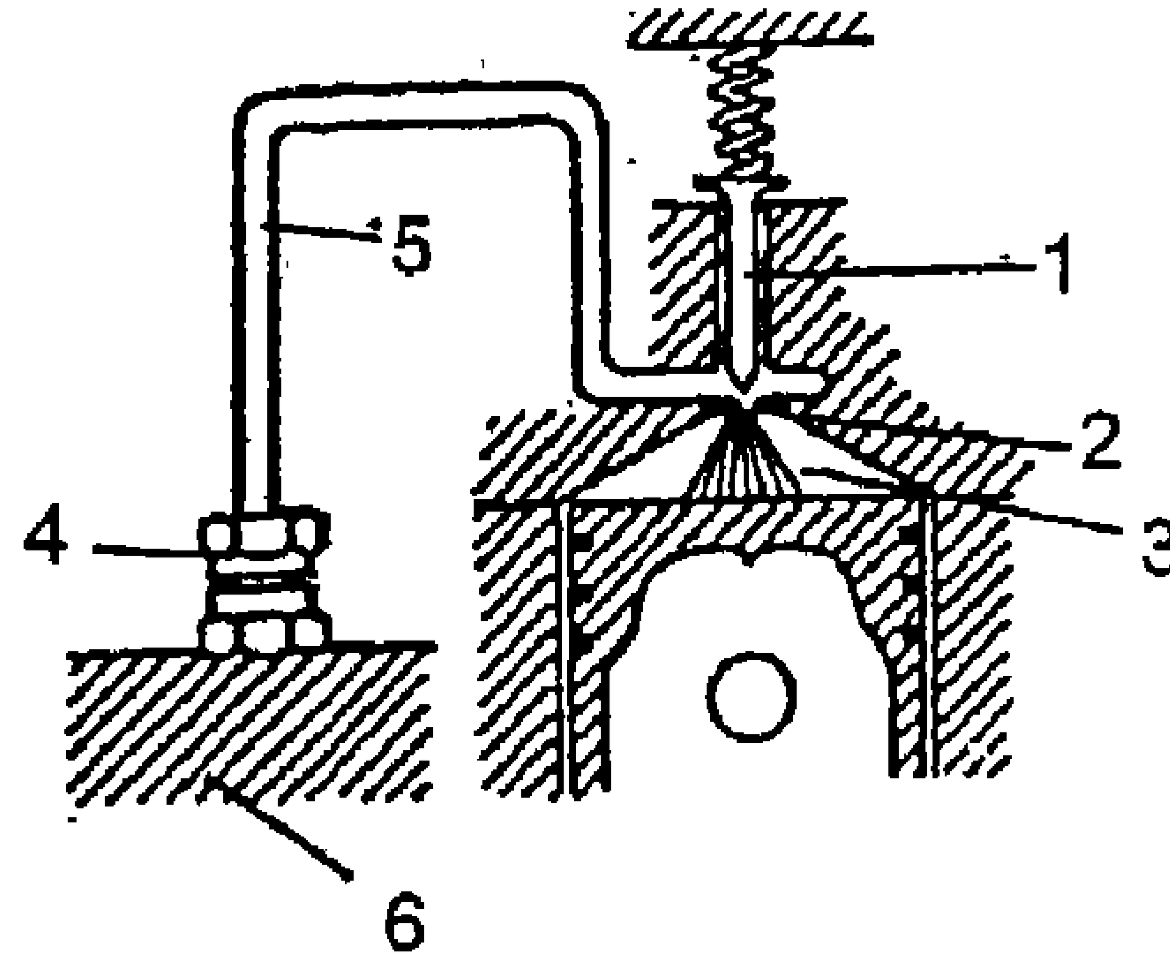
6-3 حقن الوقود بمحركات الديزل :-

يلاحظ عند بدء حركة محرك الديزل احتمال تكوين دخان وحدوث بعض الدق أو الخبط ويتسبب ذلك من احتراق الوقود المذري في فراغ الاحتراق في الحال عندما يكون المحرك بارداً ونظراً لان احتراق الوقود المحقون لا يتم إلا بعد الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة لحدوث الاشتعال الذاتي نتيجة للانضغاط العالي ولذلك يزود المحرك الديزل غالباً بوسائل بدء الدوران مثل شمعات التسخين . وتتسبب موجة الانضغاط القوية في حدوث الدق أي حدوث تأخير زمني في حدوث الإشعال ذاتياً مما يسبب حدوث الاحتراق غير التام للوقود عندما يكون المحرك بارد وكذلك تكوين الدخان عند بدء الإدارة وعندما يسخن المحرك ويصل إلى درجة التشغيل العادية ينتهي حدوث الدق ويتلاشى تكوين الدخان.

والشكل (3-1) يوضح أجزاء دورة حقن الوقود بمحركات الديزل ولمنع حدوث أعطال تشغيل المحرك ينبغي الإلمام بالمعلومات الكافية عن دورة حقن الوقود ووحداتها المختلفة.

7-3 أنواع فوهات (فونيات) الحقن :-

فوهة الحقن بالرشاش (صمام الحقن) تعمل على التحكم في ضغط الحقن وتذرير الوقود والشكل (3-8) يوضح رسم تخطيطي لصمام حقن كامل والذي يتكون من الفوهة وحامل الفوهة ، حيث تُدفع الإبرة في مقعدها بواسطة نابض مضبوط حسب ضغط محدد للفتح بينما يتم دفعها من أسفلها بواسطة قوة ضغط الوقود المضغوط الواصل إليها من مضخة الحقن وتنكشف فتحة الفوهة لتسمح بحقن الوقود وتعود الإبرة إلى وضع القفل تحت تأثير ضغط النابض وذلك عندما يتلاشى الضغط من خط التغذية وتنقسم الفوهات حسب شكل إبرة الفوهة وفتحتها إلى الأنواع الأتية :-

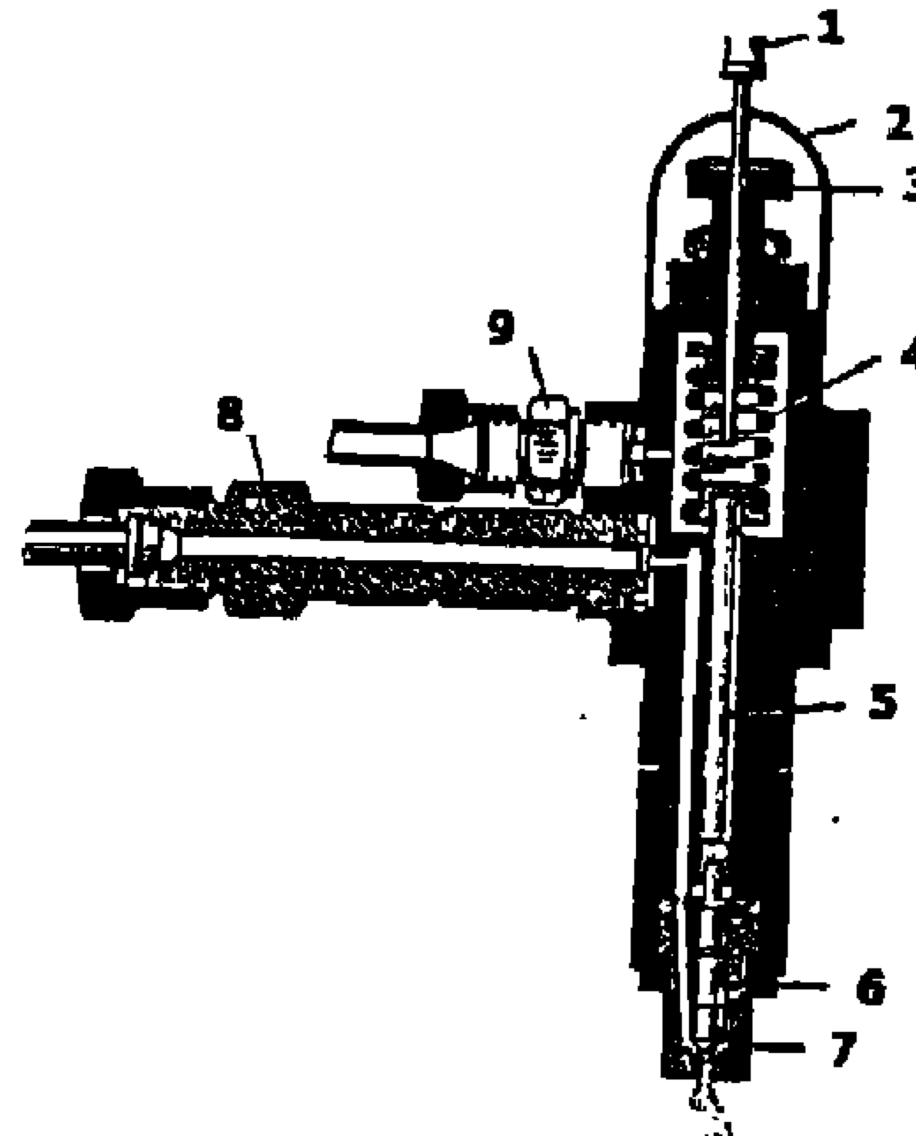


الشكل (3-8) رسم تخطيطي لصمام الحقن

1-إبرة الصمام
2- فتحة الفوهة
3- حيز الاحتراق
4- وصلة خط الضغط
5- خط التغذية
6- مضخة الحقن

أ- فوهات ذات ثقب واحد :-

الشكل (3-9) يوضح فوهة أو فونيه بفتحه واحد والتي يشبع استخدامها في المحركات ذات الدوامية العالية أو في المحركات ذات غرفة الاحتراق المتقدم وكذلك بالمحركات ذات غرف الاحتراق الدوامية (المحركات ذات الاحتراق المجزأ) وكذلك بالمحركات ذات غرف خلية الهواء.



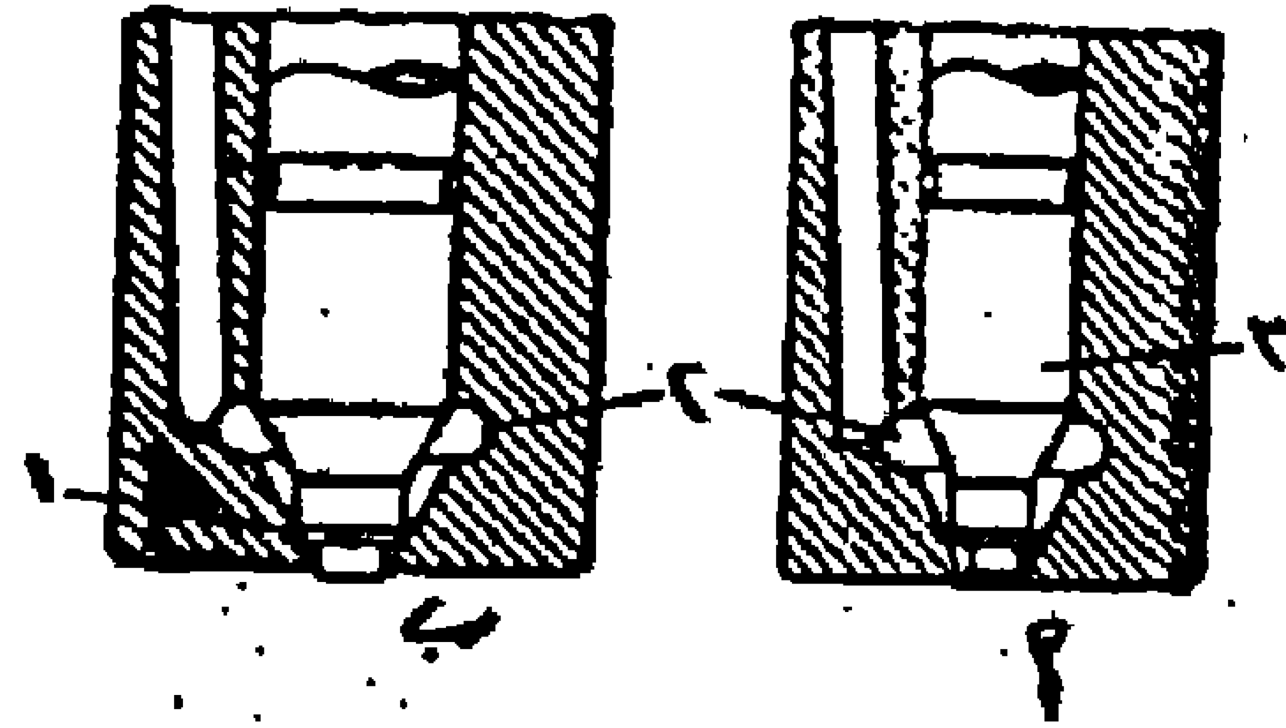
الشكل (3-9) حامل الفوهة وبه فوهة الحقن

1- ابره تحسسيه
5- مسمار دفع

2-غطاء الرأس
3- مسمار الضبط
4- ياي ضغط
6- إبرة الفوهة
7-خط الوقود المضغوط
8- خط رجوع الوقود الفائض

ب- فوهات بمحور ارتكاز رأسي :-

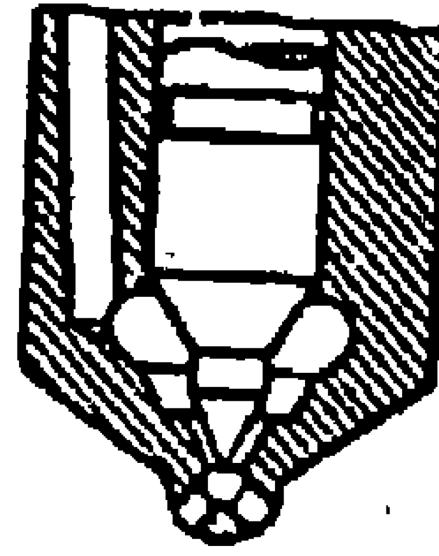
الشكل (3-10) يوضح فوهة ذات محور ارتكاز راسي وبفتحة واحدة تقوم بعمل نفث وقود مركز بينما الفوهه ذات محور الارتكاز الرأسي تقوم بعمل نفث أقل تركيزاً نظراً لشكلها الحلقي .



الشكل (3-10) فوهة بمحور ارتكاز رأسى

ج- فوهات متعددة لفتحات (متعددة الثقوب) :-

الشكل (3-11) يوضح فوهة متعددة الفتحات والتي تعمل على إحداث مخروط من المنافث يتخذ الشكل المروحي ويعتمد على اتجاه فتحات الطرد الجانبية وتستخدم هذه الفوهة في حالة وجود دوامات ضعيفة أو في حالة لحقن المباشر.

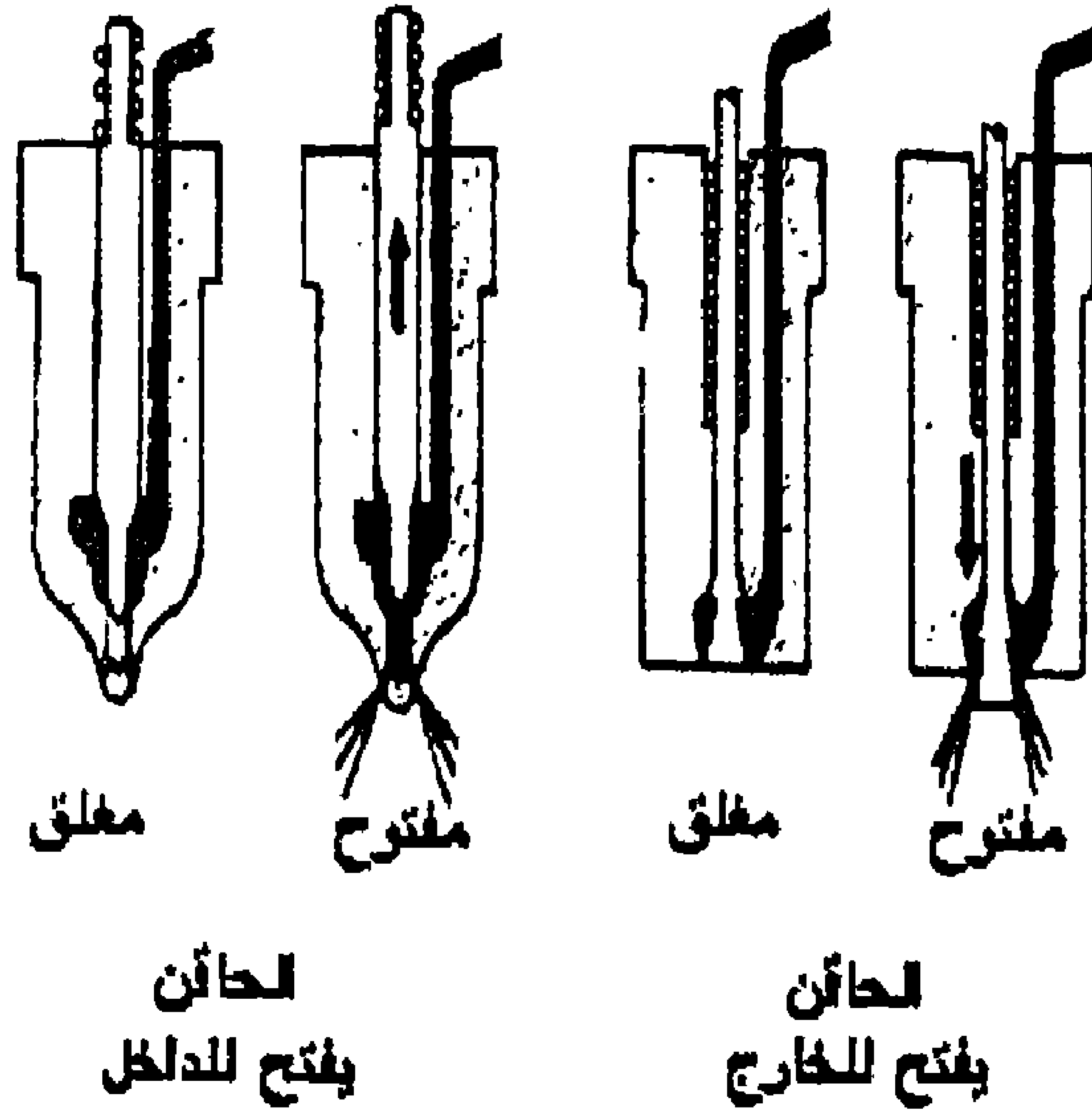


الشكل(3-11) فوهة متعددة الفتحات (مفتوحة)

د- فوهات ذات اختناق :-

الشكل (3-12) يوضح فوهة ذات اختناق وتستخدم هذه الفوهة عند حدوث الحقن على مرحلتين حيث تسمح بمرور كمية قليلة من الوقود عند رفع الإبرة في بداية

الحقن ويحدث ذلك نتيجة لشكل الإبرة الخاص الذي يتميز بوجود مقطع حلقي صغير في بدايته وعند الاستمرار في الإبرة يجذب محور الارتكاز الراسي من الفتحة فتنكشف بأكملها لتعمل كمنفث رئيسي ويفضل هذا النوع من فوهات الحقن لضمان عمل المحرك بنعومة وسلاسة والشكل (3-12) يوضح حالتين لعمل فوهة الحقن ذات الاختناق وهي مغلقة وكذلك وهي مفتوحة.

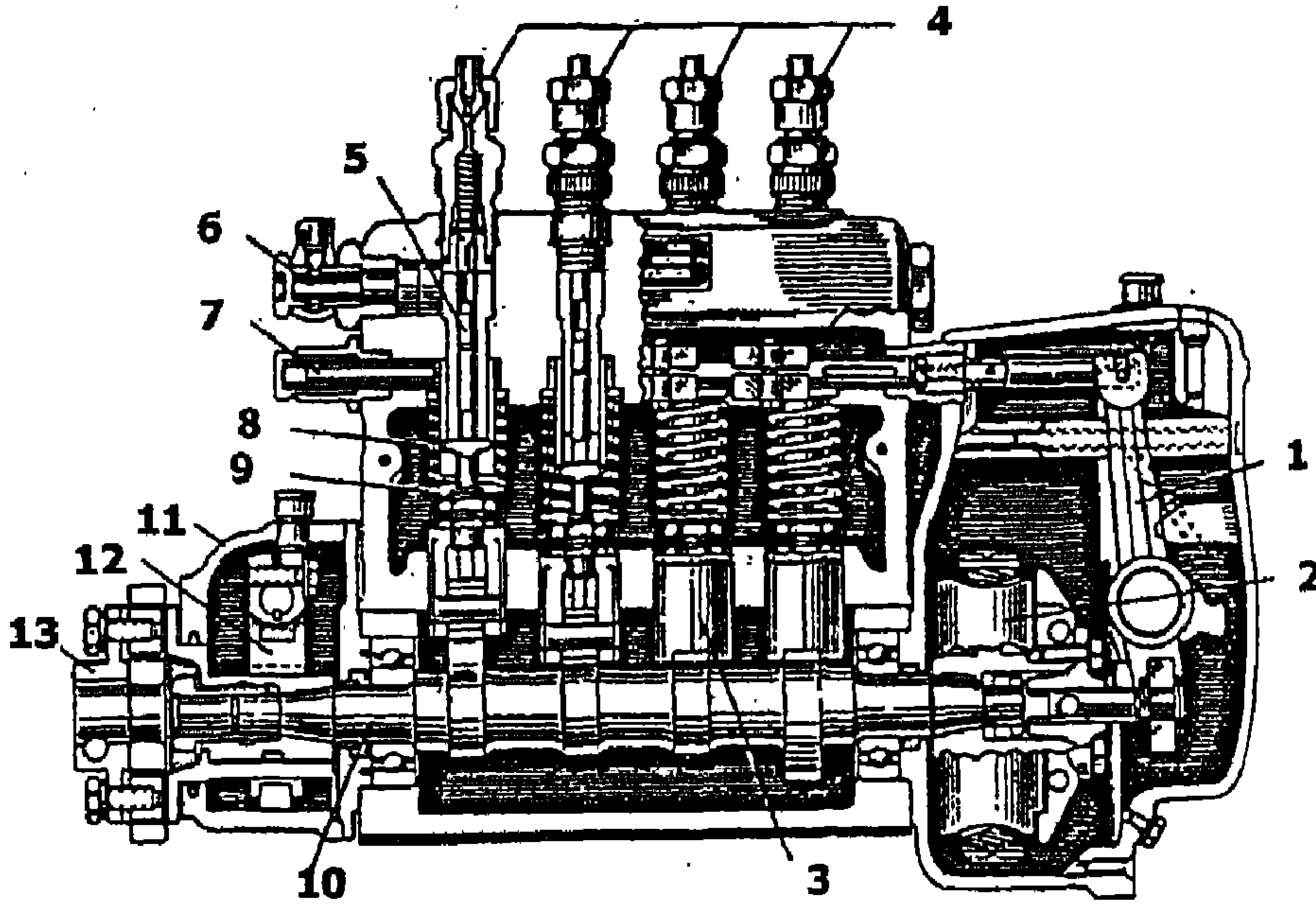


الشكل (3-12) فوهة اختناق (1- مفتوحة) (2- مغلقة)

3-8 كيفية عمل مضخة الحقن :-

الشكل (3-13) يوضح مقطع طولي في مضخة حقن الوقود والتي تعتبر إحدى الوحدات الحيوية بمنظومة حقن الوقود بمحركات الديزل والتي يتطلب إنتاجها توافر الدقة العالية جداً ويكون عدد وحدات الحقن بها هو نفس عدد اسطوانات المحرك أي بمعدل وحدة حقن واحدة لكل اسطوانة وتجمع وحدات الضخ في غلاف واحد مشترك وتتكون كل وحدة ضخ أو وحدة حقن من اسطوانة ضخ ودافعة ضخ وصمام ضغط ويشترط في عمل مضخة الحقن أن تدفع كميات مختلفة من الوقود تتناسب مع

أحمال وسرعات المحرك المتغيرة كما يجب عليها وفي نفس الوقت التحكم الدقيق في بدء عملية الحقن وانتهائها ويوضح الشكل (13-3) مقطعا طولياً في مضخة الحقن حيث تتحرك الدافعات المرتبة في صف واحد عن طريق عمود الكامات تبعاً لترتيب الإشعال باسطوانات المحرك مع ملاحظة أن عمود الكامات يستمد حركته من عمود المرفق لمحرك الديزل.

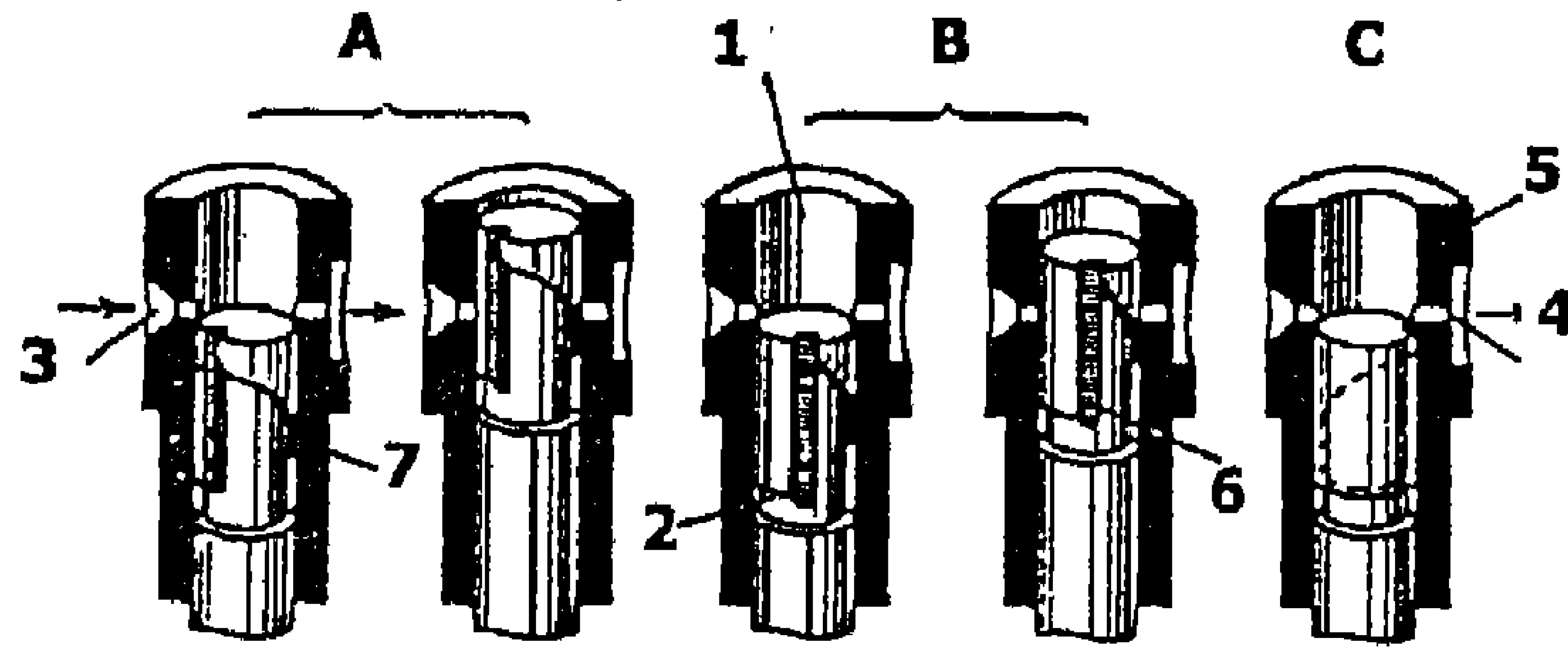


الشكل (13-3) مضخة حقن (قطاع طولي)

1-ذراع المنظم
2- حاكم طرد مركزي
3- منزلقة اسطوانية
4- خط أمداد الوقود
5- وحدة الضخ
6- خط التغذية بالوقود
7- قضيب المنظم
8- ياي حلزوني
9- مسمار ضبط وحدة الضخ
10- عمود الكامات
11- علبة توقيت الحقن
12 - وسيلة التحكم في التوقيت
13- شفة القابض

9-3 كيفية ضبط كمية الوقود :-

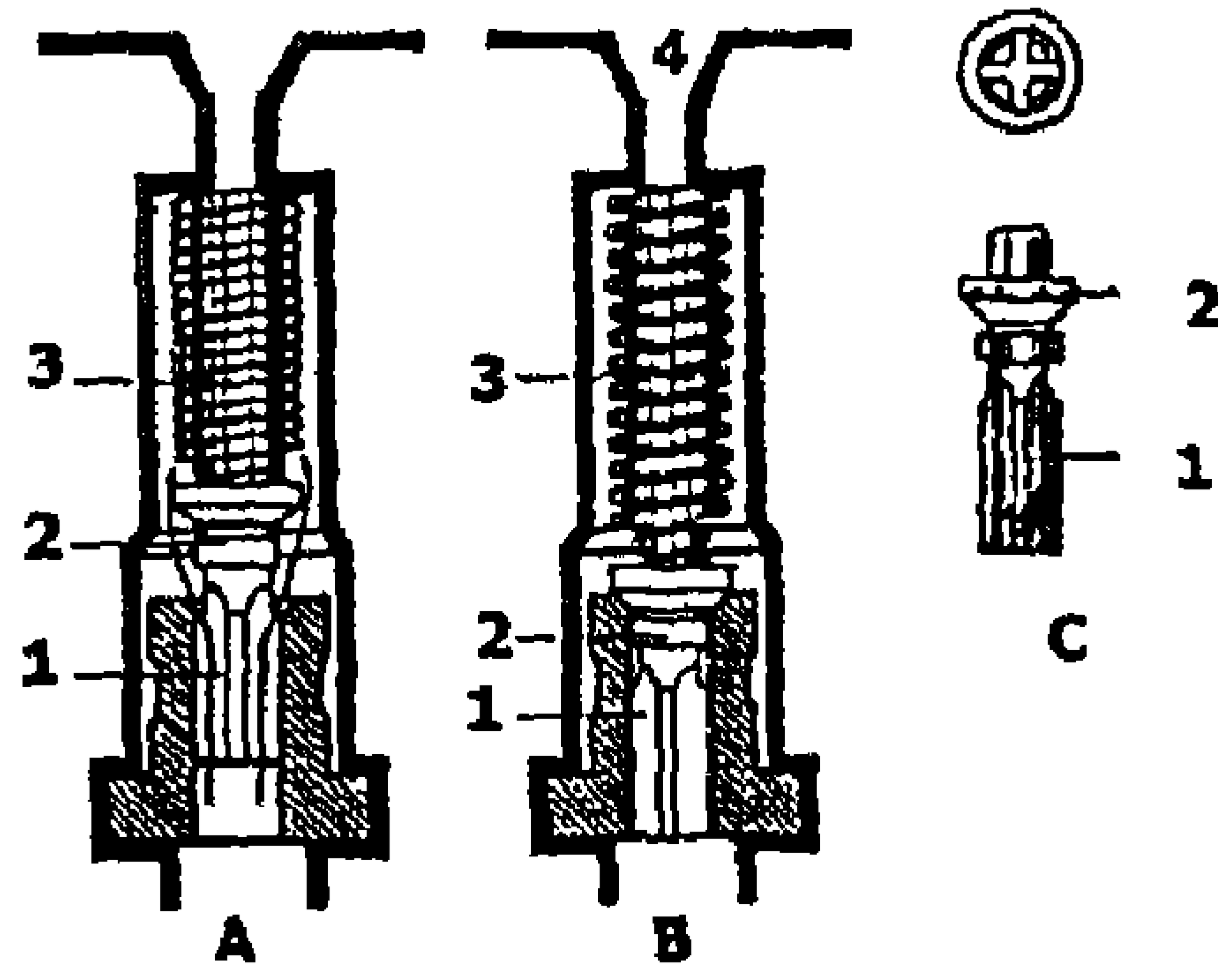
1- يحيط بسطح كل دافعة وقرب نهايتها مجري حلزونية كما بالشكل (14-3) وعند دوران دافعة الضخ حول محورها تسمح حافة التحكم بمرور الوقود إلى ماسورة الوقود أو تمنع مروره حسب حالة التشغيل للمحرك حيث توجد باسطوانة وحدة الضخ فتحة لدخول الوقود وفتحة أخرى لخروج الوقود وعند هبوط دافعة الضغط تحت تأثير شد النابض يحدث هبوط في الضغط داخل الاسطوانة إذا كان صمام الضغط (أو صمام الطرد) مغلق كما موضح بالشكل (15-3) والذي يوضح رسم تخطيطي لمقطع في صمام الطرد.



الشكل (14-3) ضبط كمية الوقود بتدوير الدافعة

A- تغذية كاملة B- نصف تغذية C- انعدام التغذية

1- فتحة موصلة بالفوهة
2- دافعة
3- فتحة الدخول
4- فتحة خروج الفائض
5- اسطوانة
6- تجويف الطولي
7- حافة التحكم



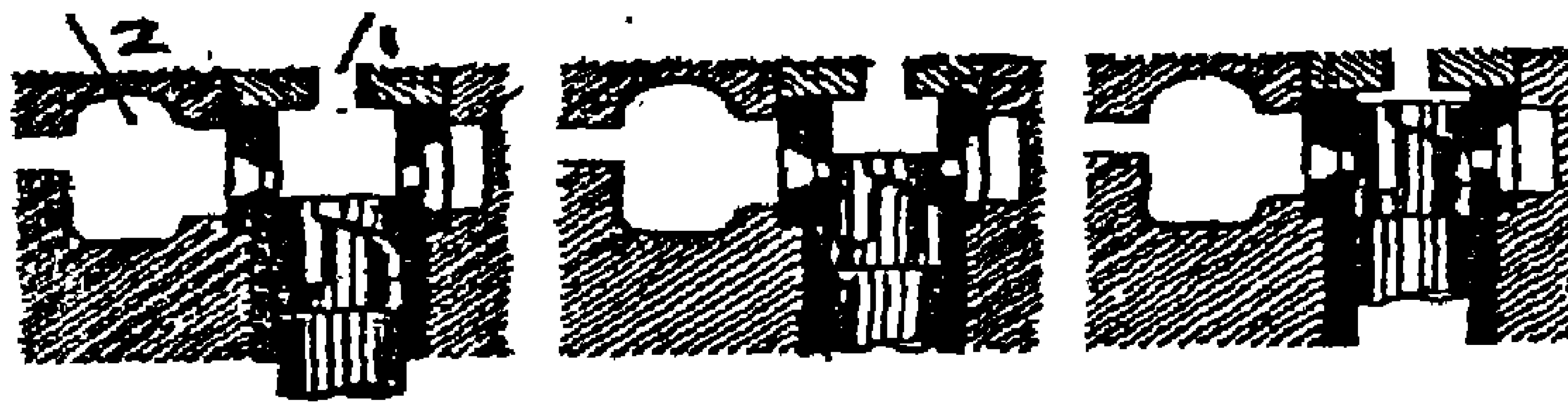
الشكل (3-15) رسم تخطيطي لصمام الطرد

A- مفتوح	B- مقفول	C- مخروط الأحكام ويه كباس صغير

1- إبرة	2- عمود مروحي	3- ياي الصمام

4- وصلة مؤدية إلى فوهة الحقن

2- أثناء الفتح والغلق كما مبين بالشكلين (3-13 A , B) والشكل (3-16 C) يوضح تركيب كباس صغير مع عمود مروحي ونتيجة لهبوط الضغط يتم سحب الوقود فوق رأس الدافعة بمجرد انكشاف فتحة السحب ثم تبدأ مرحلة الضغط أثناء حركة الدافعة إلى أعلى عن طريق عمود الكامات وذلك عندما تغطي رأس الدافعة الفتحتين وبالتالي يتم سحب كميات متساوية من الوقود وبصفة مستمرة نظراً لعدم تغير المسافة التي تتحركها الدافعة.



الشكل (3-16) شرح عمل مضخة لحقن ذات الدافعة الدوارة في حالة التغذية الكاملة

3- يتم التحكم في كمية الوقود المحقونة وضبطها عن طريق المجري الحلزوني بسطح الدافعة وعلى حسب درجة دورانها حيث حافة التحكم بهذه المجري تقوم بكشف فتحة الخروج في وقت متقدم أو متأخر حسب حالة تشغيل المحرك ثم تعود كمية الوقود الزائدة في خط أو أنابيب الرجوع.

نظرية عمل مضخة الحقن ذات الدافعة الدوارة في حالة التغذية الكاملة :-

1- الشكل (16-3) والذي يوضح نظرية عمل مضخة الحقن ذات الدافعة الدوارة في حالة التغذية الكاملة ويمكن شرح نظرية عملها كما يلي :-

1- يتم دوران الدافعة بواسطة جريد مسننة أثناء حركة الجريدة في اتجاه المحور الطولي بغلاف المضخة عن طريق دواسة أو بدال التعجيل (المعجل).

2- تصل أنبوبة أو ماسورة ضغط بين اسطوانة ضخ الوقود وفوهة الحقن المناظرة لها لتوصيل الوقود المحقون إلى غرفة احتراق المحرك .

3- توجد في مقدم عمود المضخة جهاز منظم للتحكم في توقيت حقن الوقود للتحكم في درجة تقديم الحقن من السرعات العالية حيث يركب المنظم في الجهة الأخرى من عمود المضخة والمنظم من نوع الطارد المركزي.

4- إذا كان الحاكم (المنظم) محدد إلى أقصي سرعة فإنه يمكنه التحكم في سرعة التباطؤ والسرعة القصوى.

5- إذا أمكن للحاكم Governor التحكم في كمية الوقود عند السرعات المتغيرة فإنه يمكنه التحكم في تحديد أي سرعة وضبطها في نطاق سرعات المحرك وذلك عندما تستمر الجريدة المسننة حركتها من المعجل عن طريق الحاكم أو المنظم.

6- يستخدم حاكم بثيوماتي (يعمل بالهواء المضغوط) في سيارات الركوب ويتحرك نتيجة لضغط التفريغ الموجود في ماسورة دخول الهواء بدلاً من الحاكم الطارد المركزي.

ملاحظات هامة :-

1- يجب عدم تعرض دافعات الحقن (الضخ) للخبط أو الاصطدام حتى لا يحدث تلف وتشوه لأسطحها وكذلك عدم تعرضها أو وضعها لأسطح مبلل لعدم تكوين طبقات من الصدأ على أسطحها ولذلك يجب تداولها ونقلها بمنتهي العناية .

2- يجب تغير دافعة الضخ واسطوانتها معاً دائماً عند الاستبدال ويجب أن تتساوي

قوى الشد في جميع النوابض الخاصة بوحدات الضخ .

3- إذا لزم الأمر تغيير أو استبدال بعض مكونات إحدى وحدات الضخ في مضخة الحقن فيجب أيضا استبدال وتغيير المكونات المماثلة في وحدات الضخ الأخرى .

4- يجب أن تمد مضخة الحقن بكميات متساوية ومتماثلة من الوقود إلى جميع اسطوانات المحرك لضمان انتظام توزيع القوى على كباسات المحرك ومجموعة عمود المرفق وكذلك لعدم حدوث انحناء لعمود المرفق ويسبب كسره وانهياره نتيجة للأحمال المؤثرة على عمود المرفق بصفة مستمرة أثناء تشغيل المحرك ويمكن اكتشاف هذا العيب في إمداد المضخة بالدوران غير المنتظم للمحرك .

5- يجب أن تتساوى ضغوط الحقن في جميع الرشاشات بالاسطوانات المختلفة لضمان دوران المحرك بانتظام ويمكن اكتشاف عدم انتظام دوران المحرك عند اختلاف ضغوط الحقن في جميع رشاشات بالاسطوانات المختلفة وذلك عند تشغيل المحرك بسرعة التباطؤ وبالتالي يجب فك مضخة الحقن من المحرك وإعادة فحصها وضبطها على جهاز الاختبار بالورشة حتى تتساوى جميع الضغوط بالرشاشات وكذلك تتساوى كميات الوقود المحقونة بجميع الاسطوانات من كل رشاش بمنظومة الحقن.

6- لضمان حدوث الضبط الصحيح لكمية الوقود الواصلة إلى الحاقن (الرشاش) ومنها إلى غرفة الاحتراق بالاسطوانات يجب اختيار أطوال مواسير الضغط الخاصة بالوقود بأطوال متساوية وبأقل طول ممكن كما يجب اختيار هذه المواسير بجدران سميكة نسبياً لان المواسير رقيقة الجدران يحدث لها تمدد وانتفاخ نتيجة الضغط العالي لحقن الوقود والذي يصل إلى 200 ضغط جوي أي ما يعادل 2840 رطل / البوصة المربعة تقريبا.

7- يجب أن يكون ضغط الحقن مضبوط حسب توصيات الشركة المصنعة وذلك لان زيادة ضبط الحقن يؤدي إلى إعادة فتح إبرة الفونيه أو الفوهة بعد انتهاء فترة

الحقن والذي يؤدي إلى حدوث تسيل للوقود من الرشاش أي حدوث تساقط قطرات للوقود من فوهات الحقن يؤدي إلى حدوث الاحتراق الغير تام وتكوين الدخان مع العادم وكذلك زيادة استهلاك الوقود عن المعدل الطبيعي لاستهلاك الوقود.

8- تشغيل مضخات حقن الوقود عند الضغط الصحيح يعمل على تحديد بداية الحقن وانتهائه بدقة في جميع مراحل تشغيل المحرك مما يؤدي إلى عمل المحرك بانتظام والحصول على أعلى كفاءة للمحرك وأعلى قدرة عند أقل استهلاك للوقود.

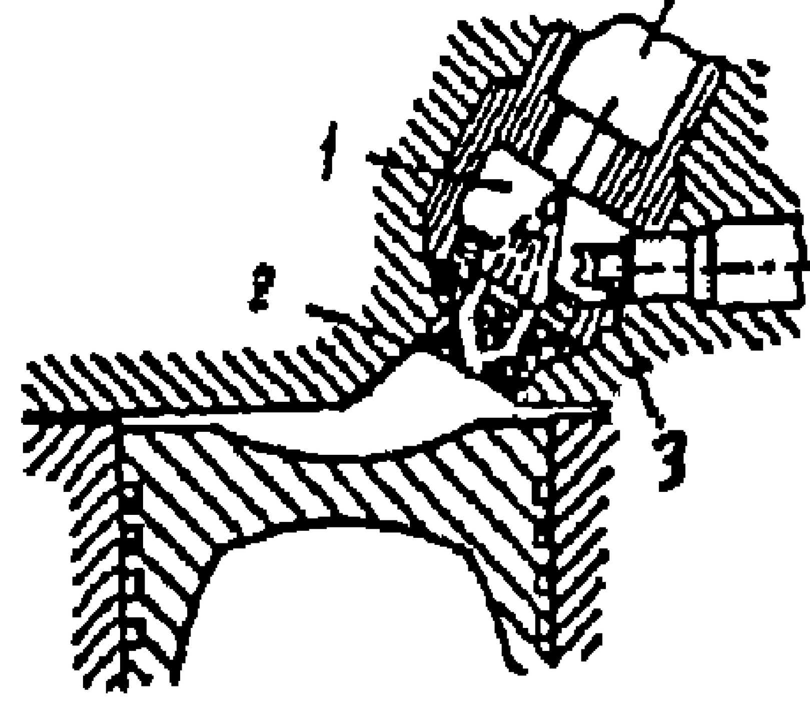
9- يجب أن تعمل الدافعات بمضخة الحقن في اسطوانتها بدون أي حلقات لمنع التسرب مع ملاحظة إن يتم تركيب الدافعات في اسطواناتها بعد تجليخها بالتحضين وصقلها داخلها ثم تزيتها بزيت الديزل.

10-يجب أن يكون الوقود خالي من أي شوائب وعلى درجة عالية من النظافة ويجب أن يمر الوقود في مرشحات دقيقة قبل وصوله إلى مضخة الحقن للتخلص من الشوائب المحتملة وجودها بالوقود وذلك لضمان عمل مضخة الحقن والدفعات والفوهات بكفاءة عالية ولفترة طويلة.

10-3 طرق الحقن بغرف الاحتراق الداخلية :-

1- طريقة الحقن بغرفة الاحتراق المتقدم :-

أ- الشكل (3-17) يوضح غرفة احتراق متقدم ذات حيز انضغاط مزود بشمعة تسخين (شمعة متوهمة) برأس الاسطوانة والتي تتصل بحيز الانضغاط من خلال فتحة على شكل بوق .

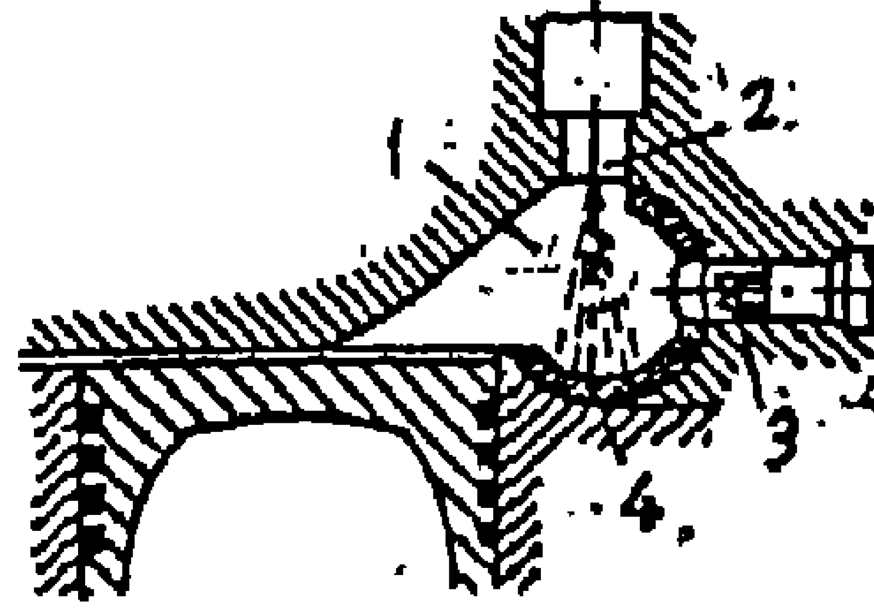


الشكل (3-17) طريقة الحقن بغرفة الاحتراق المتقدم

ب- يحقن الوقود في الهواء المضغوط بغرفة الاحتراق المتقدم من خلال منفث محوري حيث يتم حرق جزء فقط بسبب عدم كفاية الأكسجين ويزداد الضغط ويتسبب الارتفاع في الضغط الناشئ عن الاحتراق في تدفق الوقود غير المحترق إلى الاسطوانة حيث يخلط بالهواء المتبقي ويحترق تماماً.

2- طريقة الحقن بغرفة الاحتراق الدوامية :-

أ- يضطر الهواء إلى الاندفاع في حركة دائرية أثناء انضغاطه نتيجة لتكوين الغرفة الدوامية على شكل كروي والتي تشغل الجزء الأكبر من حيز الانضغاط والشكل (3-18) يوضح طريقة الحقن بغرفة الاحتراق الدوامية مع ملاحظة وجود شمعة تسخين (شمعة متوهجة) بالغرفة الدوامية.

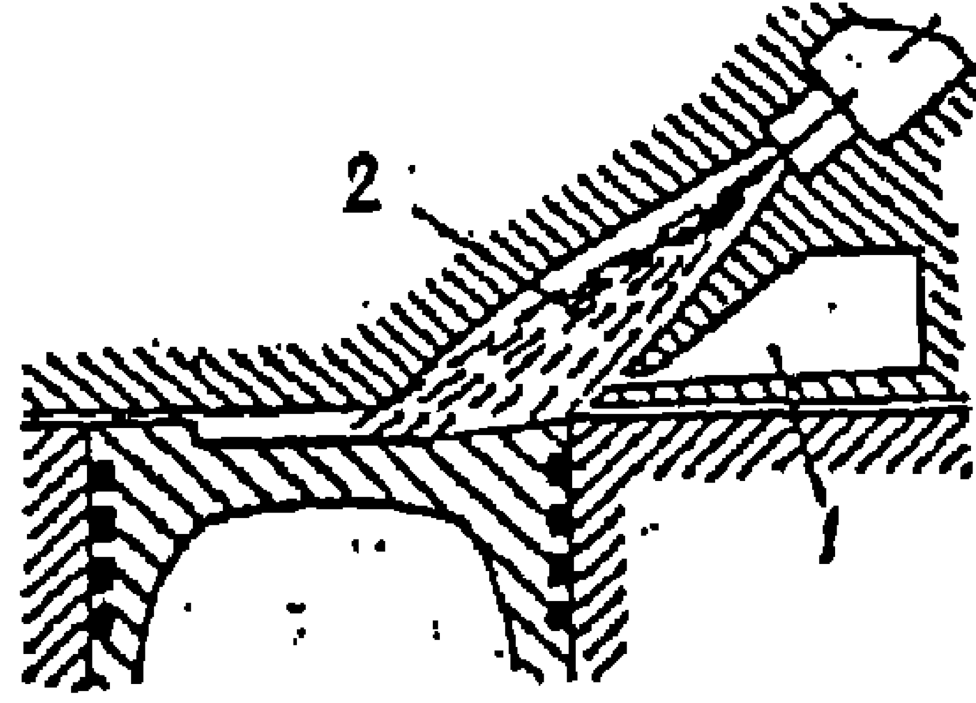


الشكل(3-18) طريقة الحقن بغرفة الاحتراق الدوامية

ب- تتصل هذه الغرفة بقشرة متوهجة والتي تساعد على الارتفاع الكبير في درجة الهواء المضغوط ومن ثم تنشأ عنه دوامة تعمل على تجزئة دقيقة للوقود المحقون وخلطه مع الهواء كما تساعد درجة حرارة جدران الغرفة المرتفعة على تبخير الوقود.

3- طريقة الحقن بغرفة الاحتراق ذات خلية الهواء :-

أ- الشكل (3-19) يوضح طريقة الحقن بغرفة الاحتراق ذات خلية الهواء حيث يقسم حيز الخلوص إلى غرفة رئيسية وأخرى جانبية (خلية الهواء) وتقع غرفة الاحتراق (حيز الانضغاط) الرئيسية أسفل صمام العادم حيث يصب فيها منفث الوقود.



الشكل (3-19) الحقن داخل غرفة احترق ذات الخلية الهوائية

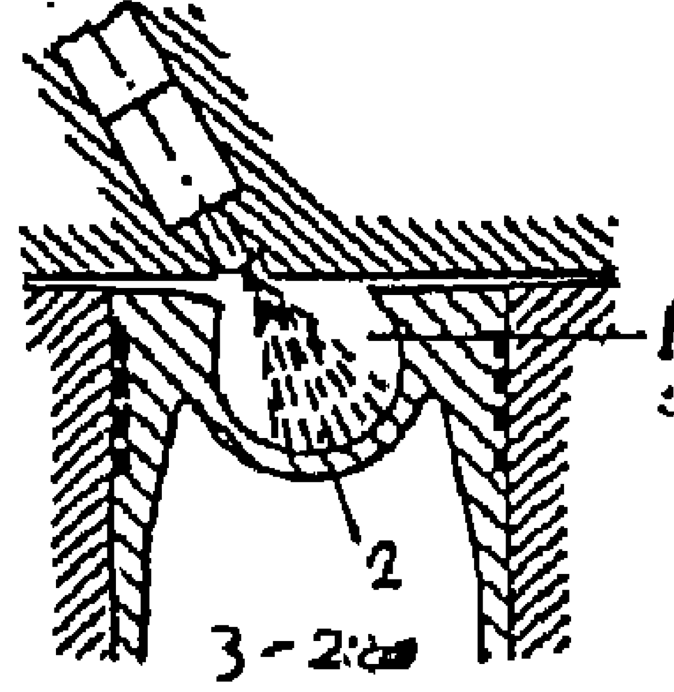
ب- يدخل جزء من الوقود الذي يحقن في نهاية شوط الانضغاط مع الهواء إلى الغرفة الجانبية (الخلية الهوائية) أثناء شوط الانضغاط ، حيث يحرق فيها مسبباً ارتفاع كبير في الضغط وتندفع الغازات المحترقة داخل الاسطوانة نتيجة للضغط العالي بالخلية الهوائية (بالغرفة المجاورة) وتؤدي إلى استعمال الوقود المتبقي مع الهواء ويتسبب هذا الفرق في الوقت بالرغم من ضألته إلى سير عملية الاحتراق بشكل تدريجي وتعتبر هذه الطريقة من الطرق القديمة والغير مستخدمة في الوقت الحاضر.

4- طريقة الحقن بغرفة الاحتراق الكروية :-

أ- تشكل غرفة الاحتراق كروية الشكل في منتصف سطح قمة المكبس وتأخذ قنوات صمام السحب عند دخول الهواء على الاندفاع إلى الغرفة في حركة دورا نية.

ب- يحقن الوقود على جدران غرفة الاحتراق الكروية الشكل كما هو موضح بالشكل (3-20) حيث يتكون غشاء من الوقود على سطح غرفة الاحتراق

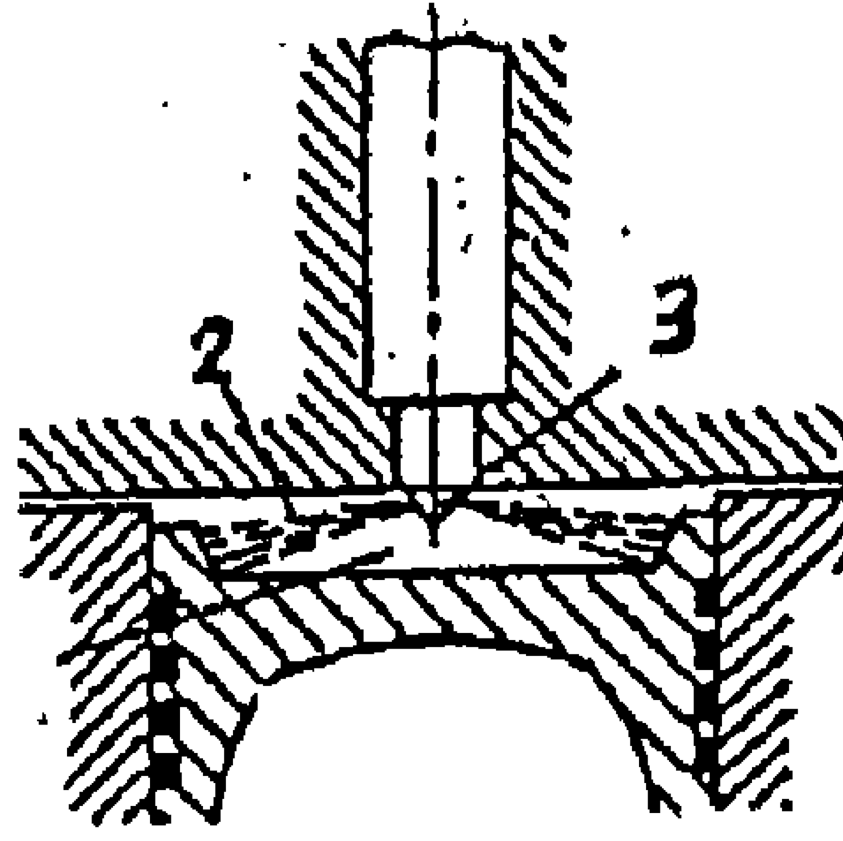
ويتبخر الوقود طبقة تلو الأخرى ثم يخلط الوقود المتبخر مع الهـواء المنـدفع بحركة دائرية في الحيز الكروي ويخترق الخليط كما يحتفظ الوقود المحتـرق أيضاً بنفس الحركة الدورانية أثناء اندفاع المكبس إلى أسفل شوط القدرة.



الشكل (20-3) طريقة غرفة الاحتراق الكروية

5- طريقة الحقن المباشر أو بغرفة الاحتراق العادية :-

أ- يوضح الشكل (21-3) طريقة الحقن المباشر أو طريقة الحقن بغرفة الاحتراق العادية حيث يتم حقن الوقود من الرشاش مباشرة في حيز الاحتراق بتجويـف المكبس .



الشكل (21-3) طريقة الحقن المباشر

ب- مكونات جهاز الحقن المباشر:-

1- مضخة الحقن :-

تتكون مضخة الحقن من عدد من المـضخات مـساوي لعـدد الاسـطوانات بالمحرك حيث يتحرك مكبس المضخة بواسطة عمود كامات (حدبات) يدور بنصف سرعة دوران عمود المرفق إذا كان المحرك رباعي الأشواط (رباعي الدورة).

وتوجد غرفة السحب في الجزء الأعلى للمضخة وقد وصلت بها جميع الاسطوانات بفتحة جانبية ولذلك يكون الحيز الموجود بأعلى المكبس مملوء بالزيت دائماً (زيت الديزل، أو زيت الوقود) ولا يوجد هواء في غرفة السحب أبداً وألا فقط يفشل تحضير المضخة أو يفشل أداء الرشاش وعندما تدفع الكامة المكبس إلى أعلى تغلق الفتحات ويندفع الوقود بضغط عبر الصمامات وقنوات الطرد نحو الرشاش حيث يدخل الوقود إلى غرفة الاحتراق بعد أن يحدث له تفتيت.

3-11 **نظرية عمل مضخة الحقن** :-

عندما يتحرك الكباس من النقطة العليا إلى النقطة السفلى يحدث انخفاض للضغط داخل غرفة الكباس حتى تنكشف فتحات الوقود فيندفع الوقود إلى داخل غرفة الكباس وعندما يبدأ الكباس التحرك من النقطة السفلى إلى النقطة العليا يدفع أمامه الوقود الموجود داخل غرفة الكباس إلى الرشاش ماراً بصمام عدم الرجوع ثم تكرر هذه العملية بكل كباس من كباسات المضخة ومن أهم أعمال المضخة تنظيم كمية الوقود.

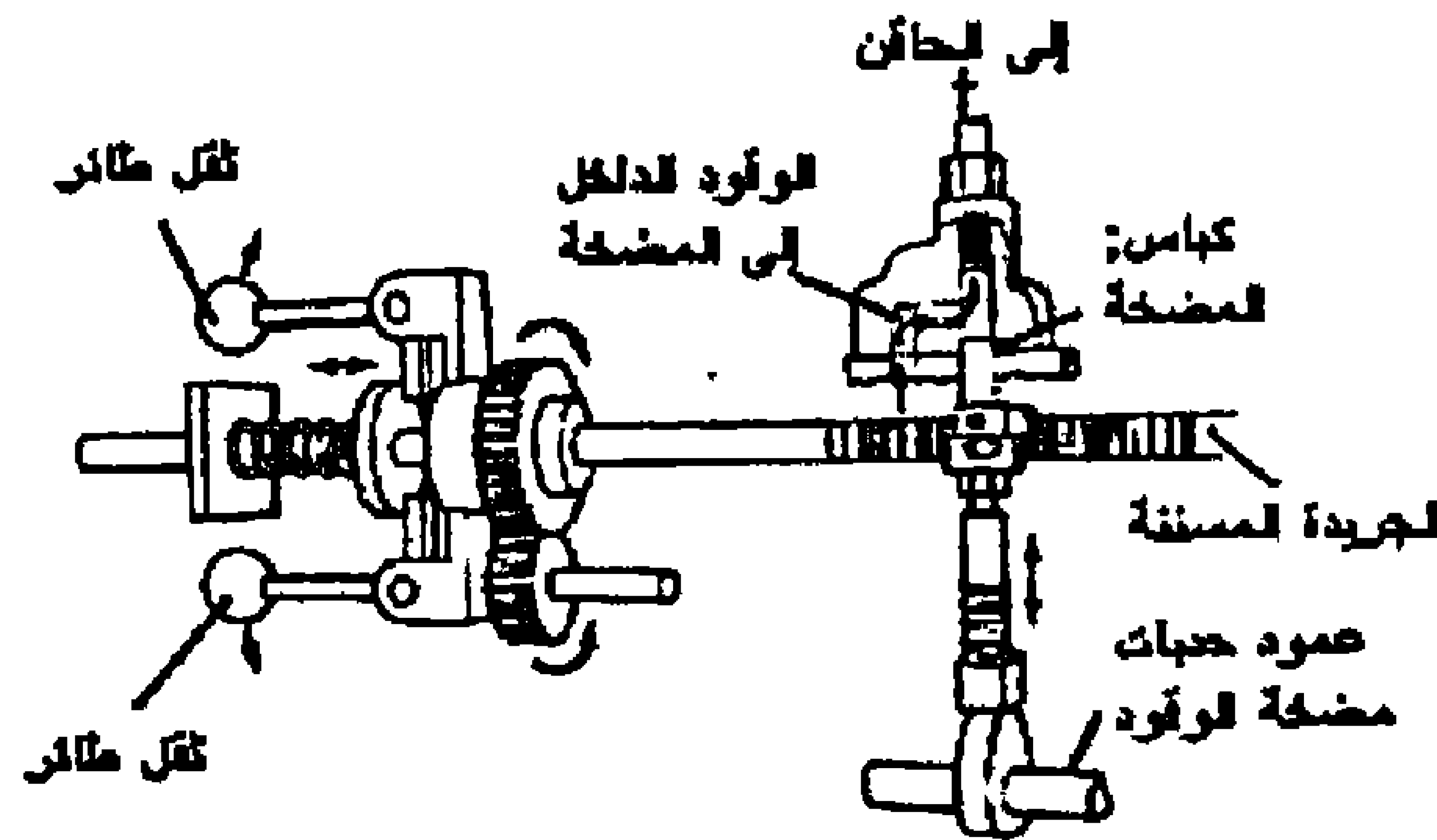
3-12 **تنظيم كمية الوقود المحقون** :-

لتنظيم كمية الوقود المطلوب حقنها بدقة سوف تدرس الأوضاع المختلفة للكباس حيث الوضع الأول يكون الكباس في الوضع السفلي فتمتلئ غرفة الكباس من خلال فتحتان السحب فإذا تحرك الكباس إلى أعلى فإنه يغلق فتحتان الدخول ويدفع الوقود خلال أنابيب الطرد خلال صمام عدم الرجوع ويتوقف الطرد مباشرة إذا تقابل السطح اللولبي مع فتحات الدخول.

منظم السرعة :-

هو الجهاز الذي يمكن بواسطته التحكم في كمية الوقود اللازمة لتغذية المحرك عند الأحمال المختلفة حتى يحتفظ المحرك بسرعة ثابتة ويطلق عليه اسم منظم السرعة

ويتوقف عمل منظم السرعة على أن أي تغيير في حمل المحرك يسبب تغييـرا فـي سرعته ويلاحظ أن القدرة التي يمكن الحصول عليها من أي محرك احتراق داخلـي تتوقف على مقدار الوقود المحترق في الاسطوانات (إلى الحد الذي تتناسب مع طاقة المحرك) أو بمعني أخر أنه لو تم حقن الوقود بمعدل أكبر فإن المحرك يعطي قـدرة فلو كانت القدرة التي يعطيها المحرك تزيد عن القدرة المطلوبة في الحمـل فالقـدرة الزائدة تعمل على زيادة سرعة المحرك ومن جهة أخرى إذا زاد الحمل عـن القـدرة التي يعطيها المحرك تقل سرعته ومن ذلك نري أنه لو كان معدل تدفق الوقـود إلـى المحرك ثابتاً لزادت سرعته إذا قل الحمل وقلت سرعة المحرك إذا زاد الحمل وبالتالي يمكن القول بأن المحرك تزداد سرعته إذا زال عنه الحمل ولكي يشتغل المحرك عنـد سرعة ثابتة يجب أن يتغير معدل تدفق الوقود بحيث تكون القدرة التي يولدها المحرك متساوية تماماً للحاجة عند السرعة المطلوبة ويتم ذلك عن طريق منظم السرعة المبين بالشكل (3-22).

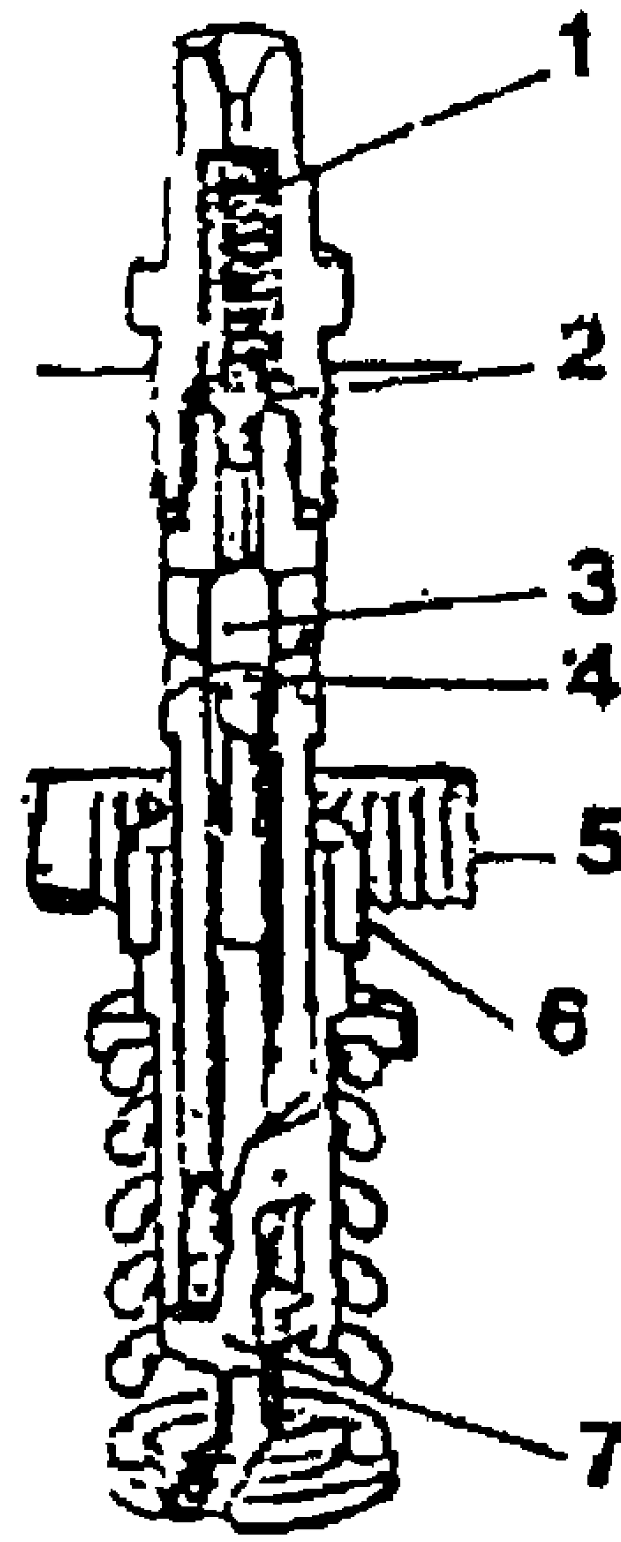


الشكل (3-22) يوضح منظم السرعة

3-13 **نظرية عمل الرشاش** :-

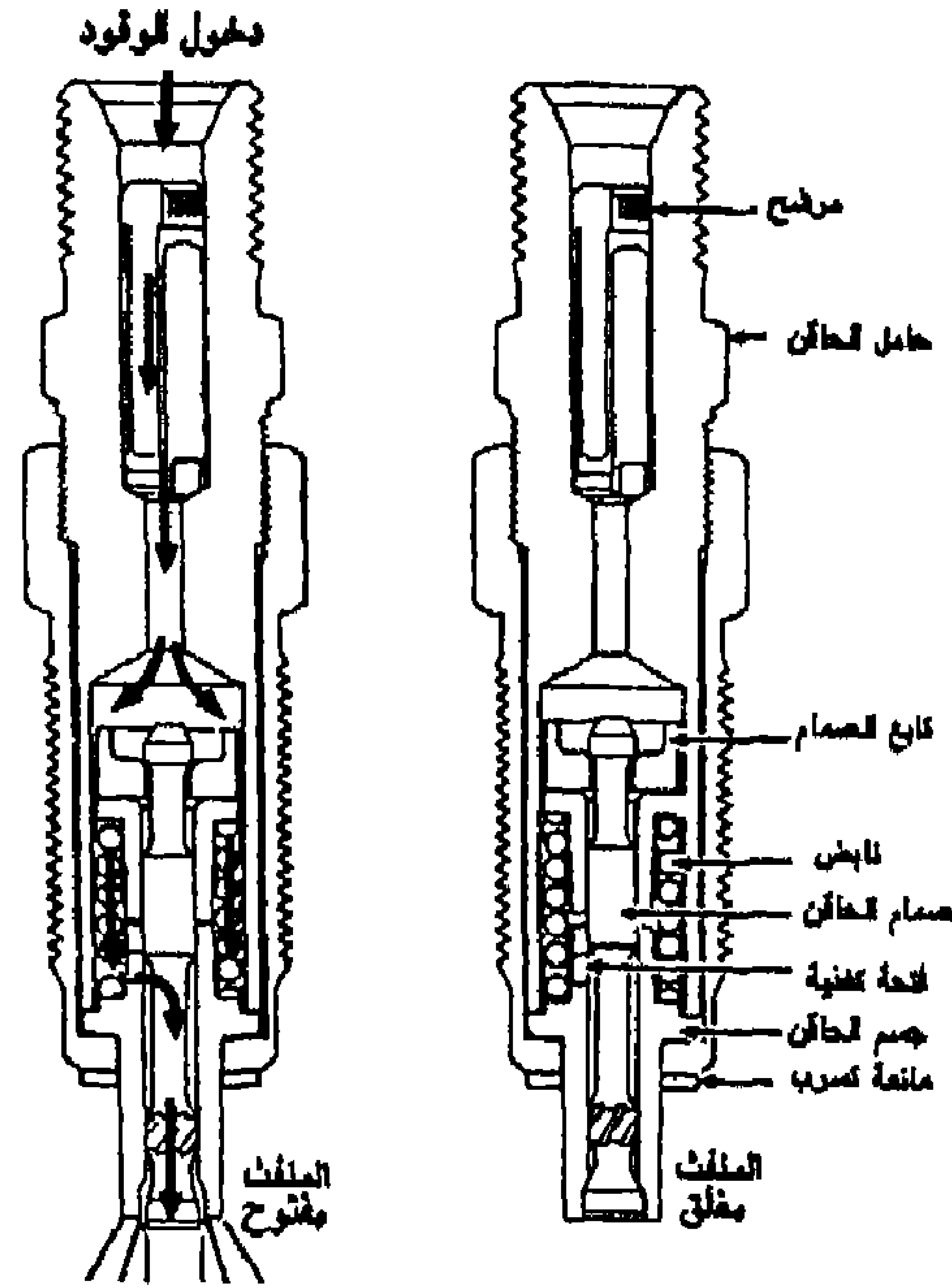
عندما تطرد مضخة الحقن الوقود المضغوط فإنه يرفع الإبرة ويتدفق الوقـود خارج الرشاش كما هو موضح بالشكل (3-23) ويمكـن أن يـنظم ضـغط الحقـن باستخدام مسمار بصامولة زنق ويجب أن يزيد ضغط الحقن عن قوة النـابض حتـى

يمكن فتح الفونيه وحقن الوقود في غرفة الاحتراق أي عندما يكون ضغط الحقن أكبر من قوة ضغط النابض فإنه يتغلب على ضغط النابض وتتحرك إبـرة الرشـاش مـن مقعدها وتبدأ عملية حقن الوقود في غرفة الاحتراق ويوضح الشكل (24-3) أجـزاء الرشاش الرئيسية الداخلية.



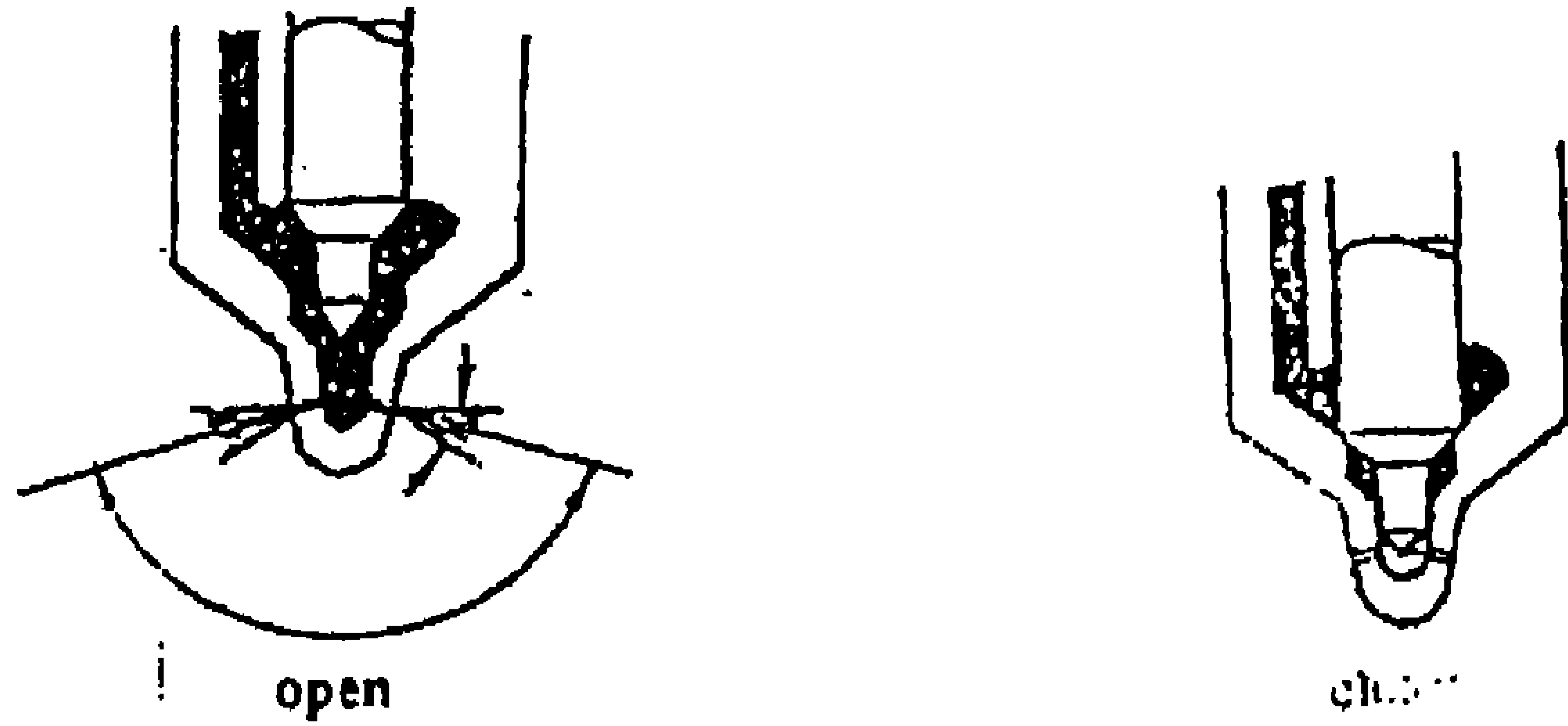
الشكل(23-3) مقطع بين أجزاء وحدة الضخ للدافعة

1- نابض الصمام
2- صمام الطرد و مقعده
3- جلبة المضخة
4- دافعة المضخة
5- جريدة التحكم
6- قرص مسنن
7-جلبة التحكم



الشكل (24-3) يوضح الأجزاء الداخلية للرشاش

والشكل (25-3) يوضح وضع إبرة الرشاش عندما تكون مغلقة و مفتوحة يقوم الرشاش بعمليتين أساسيتين وهما فتح ممر الوقود إلى غرفة الاحتراق وتحويل الوقود بضغطه العالي إلى نافورة بحيث يتم تذريته وتجزئته إلى ذرات صغيرة جداً حتى يمكن اختلاطه وتجانسه مع الهواء المضغوط في حيز الاحتراق وقد استخدمت طريقة الحقن الهوائي في الطرازات القديمة بمحركات الديزل ولكنه يقل استخدامه في الوقت الحاضر ويتم الحقن الهوائي باستخدام هواء مرتفع الضغط عن طريق ضاغط هواء ملحق بالمحرك، ويقوم الهواء المضغوط بدفع الوقود وإجباره على دخول غرفة الاحتراق وتزرين ولخلق دوامة في غرفة الاحتراق تعمل على توسيع مدى انتشار الوقود ومزجه جيداً بالهواء ويشيع في وقتنا الحاضر نظام الحقن الجاف أي الحقن بدون هواء وهو ما يسمي بالحقن اللاهوائي..

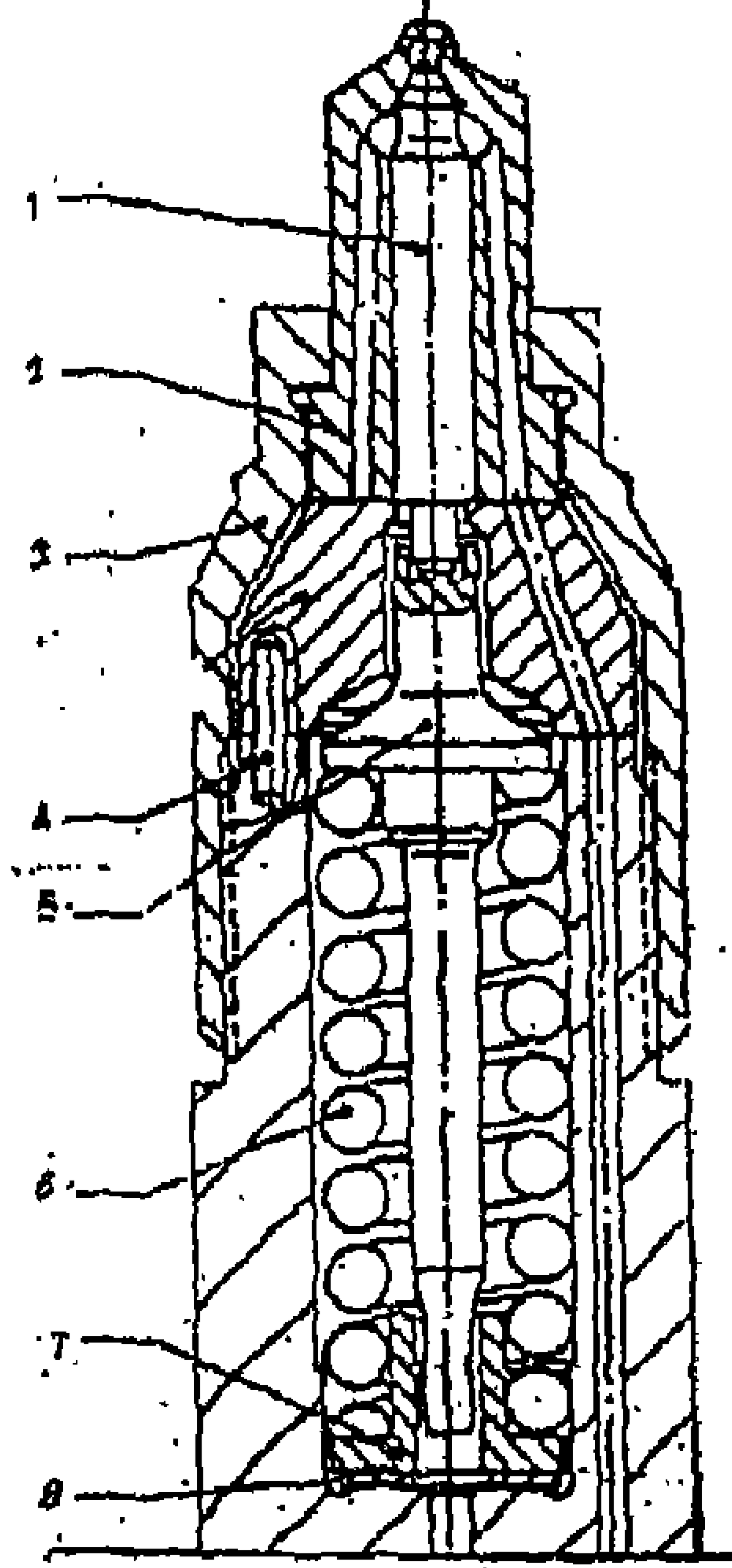


الشكل(3-25) يوضح إبرة الرشاش عندما تكون مغلقة ومفتوحة

رشاشات الحقن الجاف :-

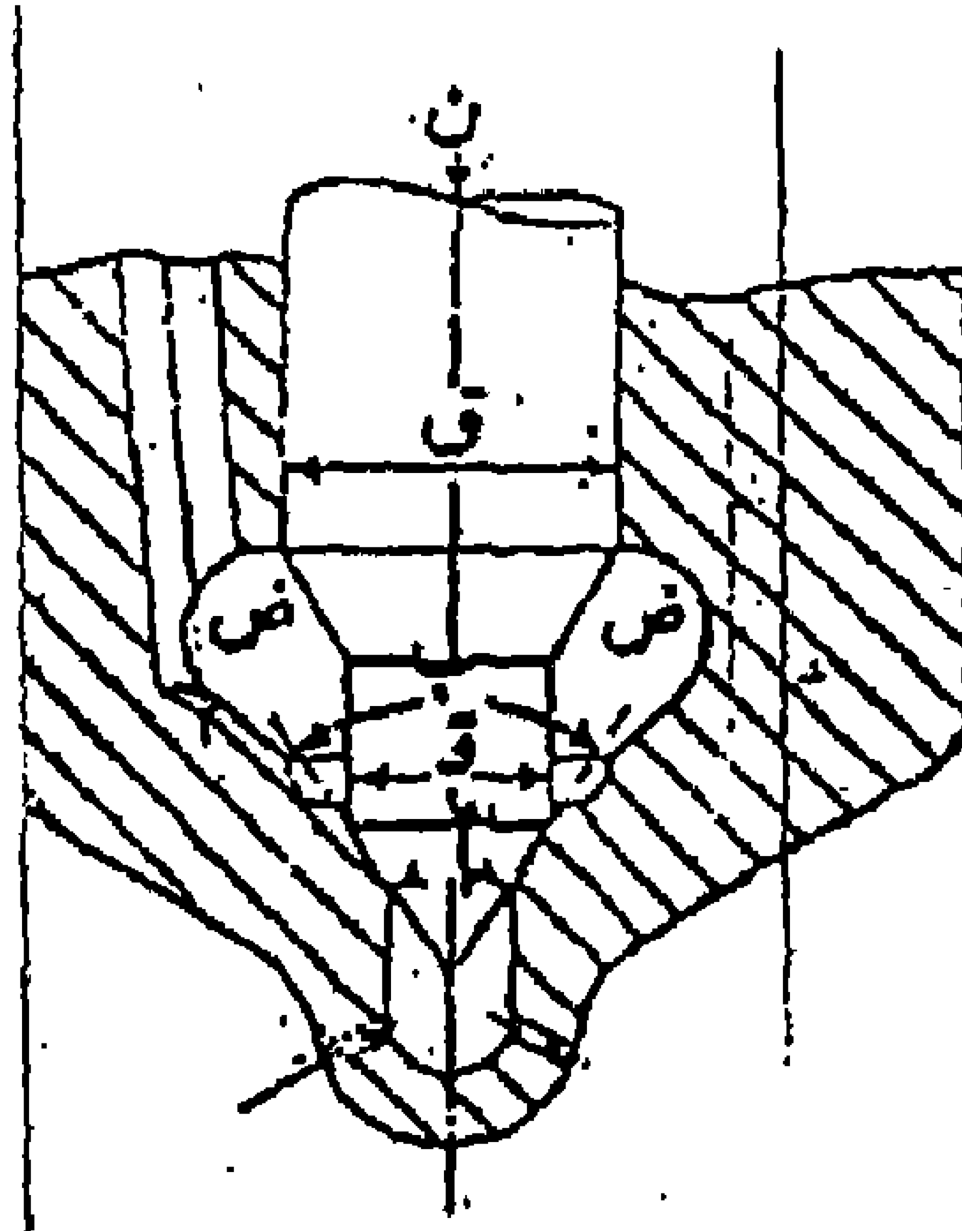
الشكل (3-26) يوضح رشاش الحقن الجاف وتنقسم رشاشات الحقن الجاف إلى نوعين، النوع الأول يعمل بطريقة هيدروليكية أي تفتح الإبرة بزيادة ضغط الوقود عند الجانب السفلي للإبرة ويكون ضغط الوقود أكبر من ضغط قوة النابض والتي تؤدي إلى حركة إبرة الرشاش من مقعدها وتبدأ عملية حقن الوقود في غرفة الاحتراق وعندما يهبط ضغط الوقود بفعل فتح صمام الحقن للمضخة فسوف يعود الرشاش إلى مقعده في الحال تحت تأثير قوة ضغط النابض ويسمي هذا النوع من إبرة الرشاش بإبرة الرشاش النابض التفاضلي كما مبين بالشكل (3-27) .

حيث يؤثر الضغط الناشئ عن المضخة على السائل الموجود في الجزء المخروطي (أ) وعندما تزداد القوة المؤثرة على سطح الإبرة الناشئة من الضخ على القوة (F) الناشئة عن النابض المنضغط فسوف ترتفع الإبرة عن مقعدها وعندما سوف يؤثر ضغط الوقود على المساحة (A) السفلية للإبرة وينتج عن ذلك دفعة شديدة تفتح الرشاش عن أخره وبالتالي عندما يقل ضغط الوقود بفعل فتح صمام الحقن للمضخة يعود الرشاش إلى مقعده في الحال تحت تأثير قوة ضغط النابض (أ).



الشكل(26-3) يوضح تركيب رشاش الحقن الجاف

1- ابرة الرشاش
2- بدن الرشاش
3- غطاء الرشاش
4- مسمار المزدوج
5- مسمار الدفع
6- النابض
7- صفيحة النابض
8- ضبط ملف النابض



الشكل(27-3) إبرة رشاش تفاضلي

و الطريقة الثانية لتشغيل الرشاش هي تشغيل الرشاش ميكانيكياً بواسطة وصلات واذرع تفتح بواسطة الكامة أو الحدبة بعمود الكامات وبالتالي يتم رفع الإبرة من مقعدها ويتم حقن الوقود من الفوهة على صورة رذاذ أو بخار للوقود بغرفة الاحتراق ويتم تحديد معدل الحقن وتوقيته في هذا النوع بواسطة الحد به أو الكامة التي تقوم بتشغيلها ويصل ضغط الوقود اللازم لفتح الرشاش ما بين 200 إلى 650 بار ، يصنع جسم الرشاش من الفولاذ (الصلب) بينما تصنع الفونيه والإبرة من فولاذ سيليكون المنجنيز ، وتتوقف جودة الاحتراق على قدرة الرشاش على التذرير الجيد والتوزيع المتساوي لكمية الوقود في حيز الاحتراق لذلك يوضع الرشاش عادة في منتصف رأس الاسطوانة وإذا كان هناك عائق من وضع الرشاش في المنتصف فيستخدم عادة رشاشين متقابلين على خط قطر الاسطوانة السفلى للمحركات مزدوجة الأداء وذلك عندما يكون عمود الكباس عائق عند وضع الرشاش في مركز رأس الاسطوانة ويستخدم هذا التصميم في محركات الكباسات المتضادة.

14-3 **توقيت رشاشات الحقن** :-

يتم تحديد توقيت رشاشات الحقن الهيدروليكي من مضخة الوقود تبعاً لطريقة حركة الكامات أو الحدبات في عمود الحدبات (Camshaft) وتختلف نقطة بدء الحقن ونهايته تبعاً لنوع المحرك وسرعته فتكون مبكرة في المحركات السريعة أو متأخرة قليلاً في المحركات البطيئة ولذلك يجب ضبط مضخة الحقن والرشاشات حسب تعليمات الشركة المصنعة وتنفيذها بدقة ومطابقة زاوية الحقن الفعلية مع جدول اختبارات ومعطيات المحرك.

ويؤدي ذلك انخفاض معدل استهلاك الوقود والحصول على احتراق تام وزيادة القدرة المستفادة من المحرك وزيادة كفاءة المحرك.

وتزود المحركات عادة بنتائج اختبارات المحرك الأساسية والتي تحدد مختلف درجات الحرارة والضغوط عند الأحمال والسرعات المختلفة للمحرك بالإضافة إلى

توقيتات مجموعة حقن الوقود وصمامات الحقن.

يمكن الاستدلال على عدم توقيت الحقن بحدوث دق أو ضبط عند دوران المحرك وذلك بسبب حدوث الحقن مبكراً مما يؤدي إلى حقن كمية كبيرة من الوقود في الاسطوانة قبل أن يصل المكبس إلى النقطة الميتة العليا (T.D.C) ويسبب ذلك فقد في قدرة المحرك وزيادة الأحمال على كراسي تحميل عمود المرفق والتي قد ينشأ عنها انحناء في عمود المرفق وتآكل سبائك كراس عمود المرفق وكذلك حدوث خطوط أو حزوز يعمل المرفق عند موضع سبائك كراس التحميل.

ملاحظات على تشغيل رشاشات حقن الوقود :-

يلاحظ في معظم المحركات عدم وجود أي صمامات بين مضخة الوقود ورشاشات حقن الوقود في الاسطوانة ، وإذا حدث تسريب عند إبرة رشاش الحقن فإن ذلك يسبب تسريب غازات الاحتراق من الاسطوانة إلى مجموعة حقن الوقود وينتج عن ذلك ظاهرة تسمي ظاهرة سد هوائي بجميع المضخات والتي تؤدي إلى إيقاف المحرك.

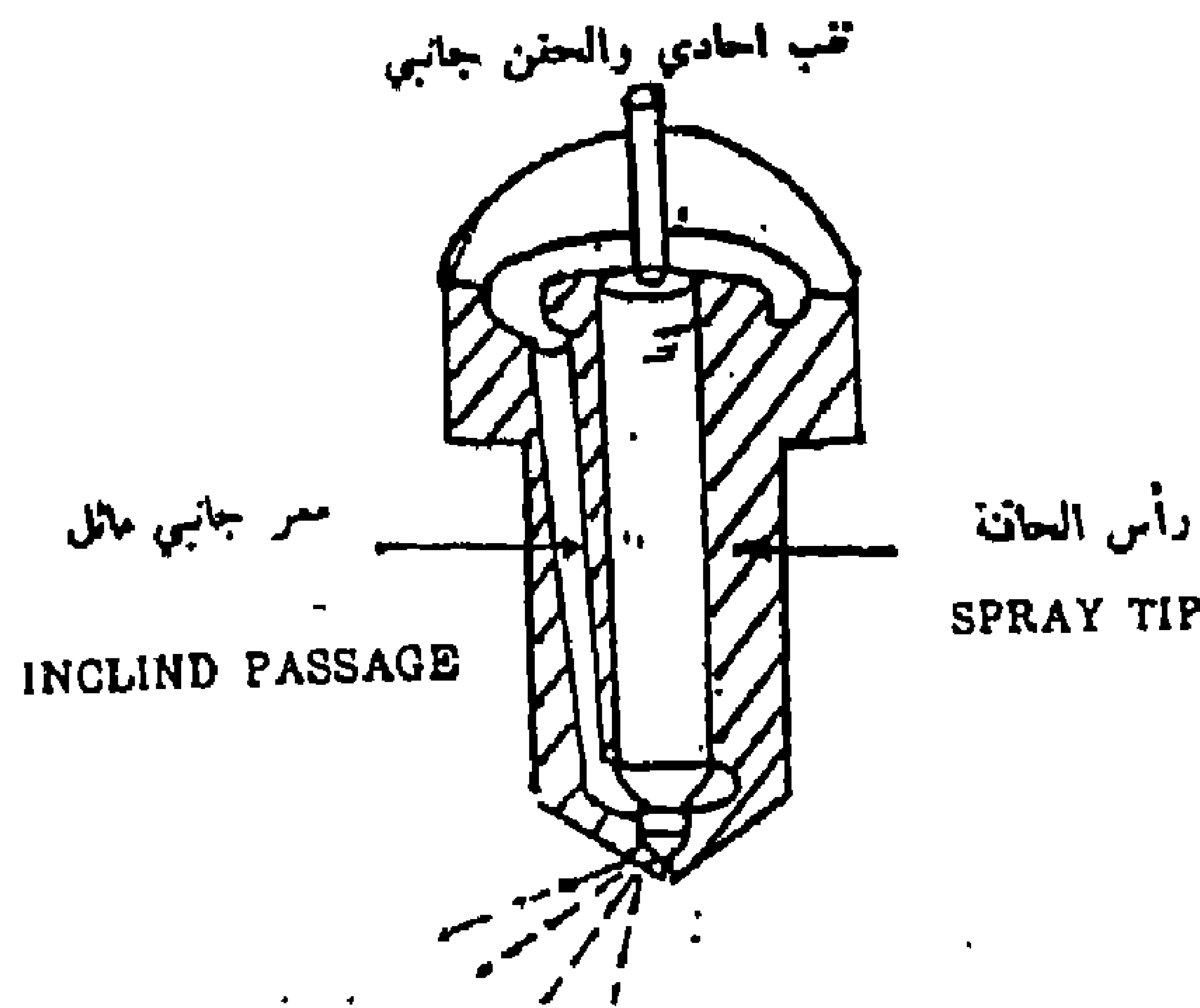
بينما محركات الديزل مزوده بصمام لارجوعي لحصر فقاعات الهواء أو الغاز وذلك يجب فتح صمام التحضير لإخراج الهواء من خط الوقود في الوحدة التي حدث تسرب إليها كما يفضل قطع الوقود عن الوحدة المختلفة كليا ثم يتم تبريد رشاشات الحقن أما بزيت الوقود المتداول وإما بمجموعة تبريد مائي مغلقة ويراعي أن كفاءة التبريد تزيد من جودة الحقن وتمنع انسداد فوهة الرشاش بالوقود المكربن وإذا بدأت مضخة الوقود في التخبيط أو الدق فذلك يكون دليل على احتمال انسداد أحدى فتحات الفونيه.

وقد انسداد فتحة واحدة لمضخة ذات ستة فوهات إلى زيادة الضغط بمقدار 130 بار وينتج عن ذلك صوت ملحوظ في مشوار كبس المضخة وربما يفتح صمام الأمان أو التهوية على المضخة وربما تحدث نفس الظاهرة في حالة انسداد مصفاة

الوقود بالشاش (إذا وجدت) ويؤدي ذلك إلى تأخير الحقن ونقص ضغط الاحتراق ولذلك يجب الاهتمام بنظافة خزانات الوقود والمرشحات والمواسير المتصلة بينهما وبين فوهات التذرير ويلاحظ أن الرشاشات تصنع عادة بثلاث أشكال كما هو موضح بالشكل (28-3) والذي يوضح الأنواع الثلاثة الآتية:-

1ـ الرشاش ذات ثقب واحد Multi – hole :ـ

ينتج الرشاش ذات ثقب واحد الوقود على هيئة مخروط أي نافورة مخروطية الشكل ويصل قطر الثقب إلى 1 مليمتر ويستخدم في غرف الاحتراق المبدئي Pre-combustor chamber وتكون زاوية المخروط حوالي °15 وكذلك يمكن استخدامها في غرف الاحتراق ذات الدوامة القوية لتساعد على التذرير الجيد والانتشار السريع مع جزيئات الهواء وتمتاز هذه الفوهة بأنها ذات ثقب كبير نسبياً وبالتالي يقل احتمال انسدادها.



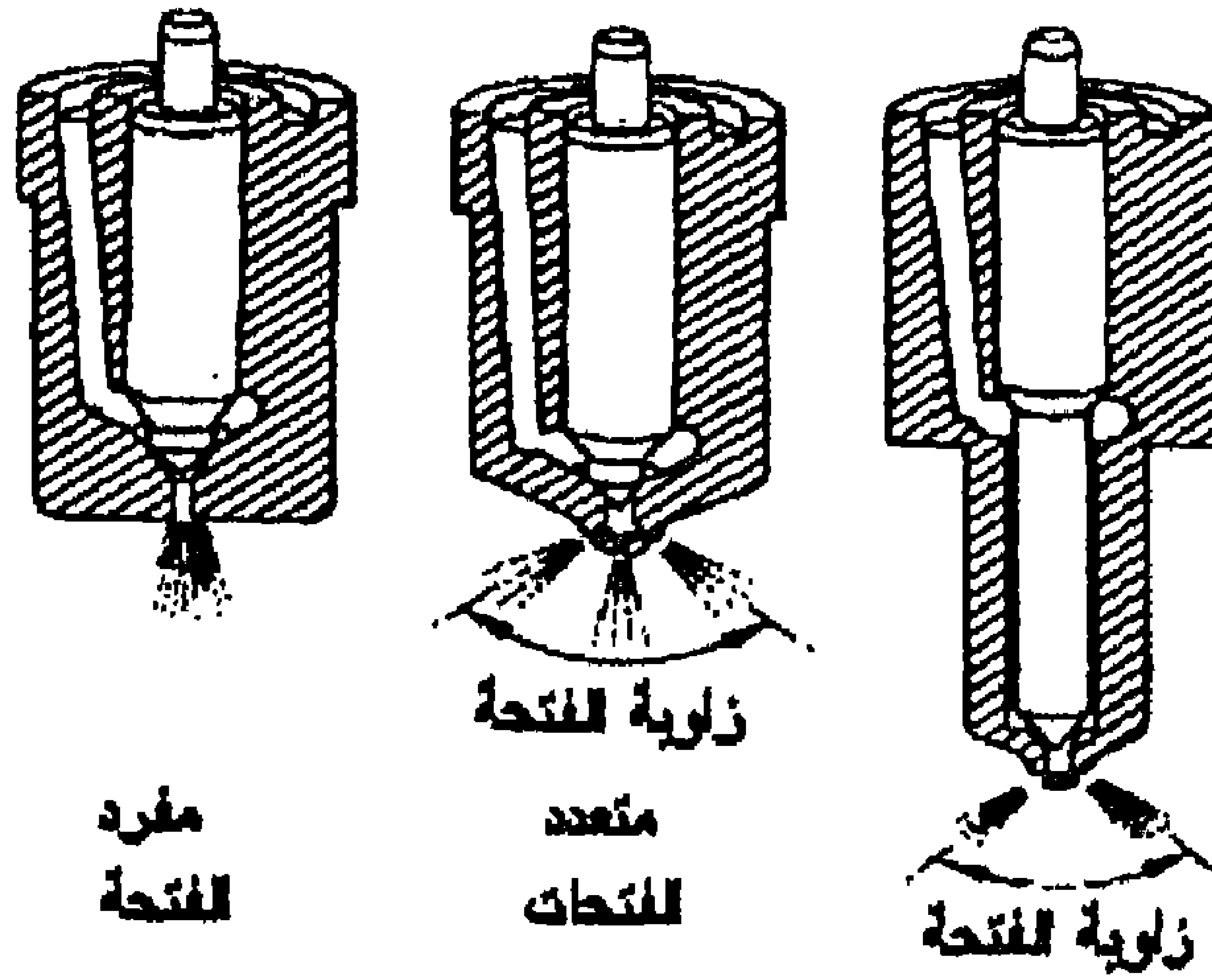
الشكل(28-3) رشاش أحادى الثقب

2ـ الرشاش ذات الثقوب المتعددة Pintle type :ـ

يستخدم هذا النوع في حالة غرف الاحتراق المنبسطة لان اتساع هذه الغرف مع عدم غلقها يستلزم أن تكون النافورة ذات قدرة عالية على انتشار في جميع حيز الاحتراق وكلما زاد عدد ثقوب التذرير قل قطر كل منها وبذلك يجب أن يكون الوقود

على درجة عالية من النظافة لعدم انسداد هذه الفوهات وتتراوح أقطار هـذه الثقـوب عادة بين 0.1 إلى 0.8 مم وعددها يتراوح ما بين 4 فتحات إلى 10 فتحات.

ويستخدم الحاقن ذو الفوهات المتعددة بالمحركات التي تتبع نظريـة غرفـة الاحتراق من النوع المفتوح open type combustion chamber.



الشكل (3-29) يوضح أنواع فوهات الحقن

الحاقن ذو الفتحات :-

وهذا الحاقن يحتوى على نافورة رئيسية وأخرى مساعدة وذلك للاحتفاظ بكمية الوقود المحقون ثابتة تقريباً مهما تغيرت سرعة المحرك.

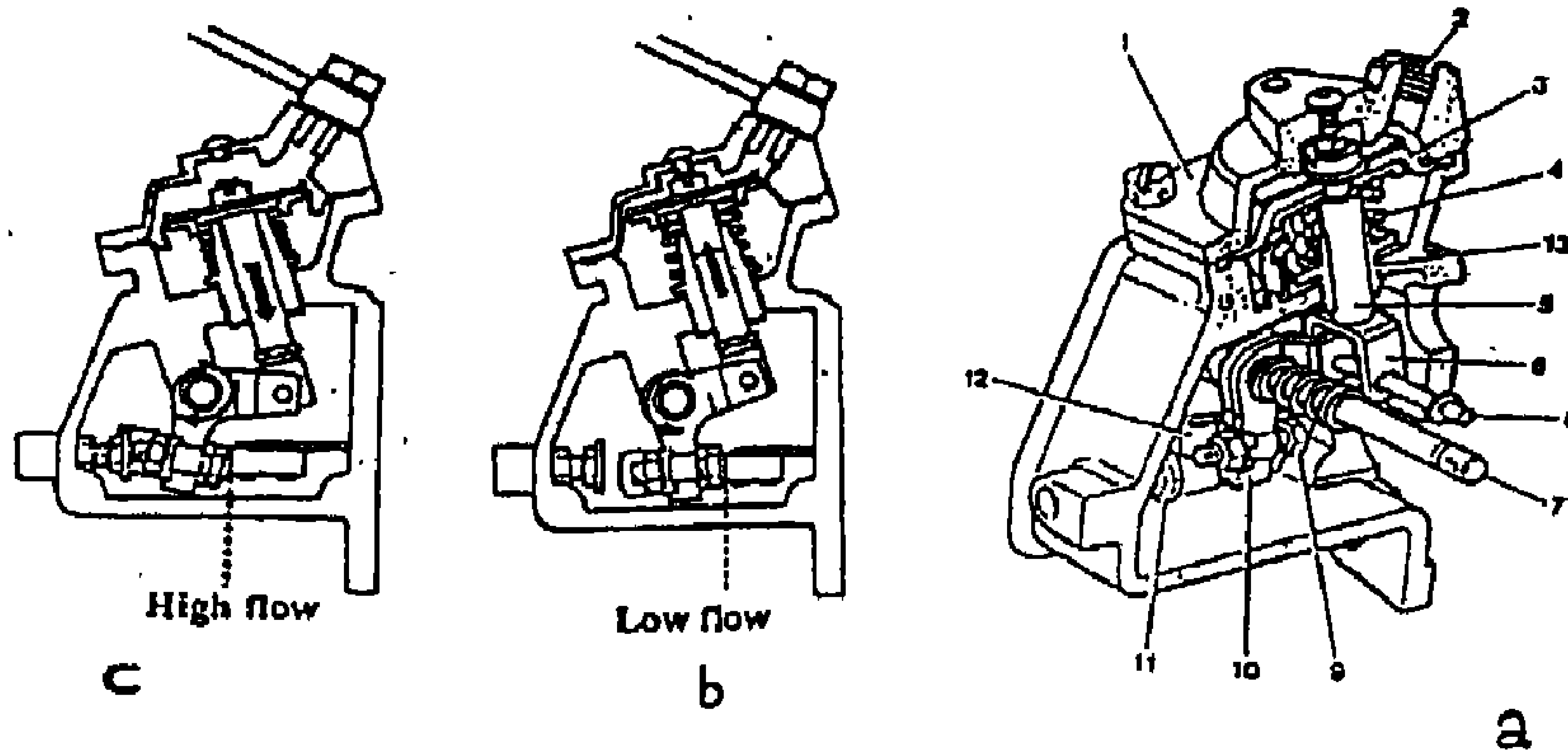
ملحوظة :

يزود طرف الإبرة بدليل ويتغير شكله تبعاً لنوع النافورة المطلوبة ويدخل هذا الدليل في ثقب الفوهة بحيث يحدث بينهما فراغ دائري . وبالتالي يمكن تصميم دليـل يعطي اسطوانة مجوفة من الوقود ذات قوة انتشار عالية أو مخروط مجـوف قـصير بزاوية °60.

15-3 آلية تخفيض الدخان :-

الغرض من آلية تخفيض الدخان هو تخفيض دخان العادم عند سرعات المحرك المنخفضة عندما لا يستطيع ضاغط الهواء أن يجهز بكمية كافية من ضغط الهواء العادم عندما يكون ضغط شحن الهواء منخفض جداً ، أي لا يكون قادراً على ضغط الغشاء لأسفل وعندما سيقوم ذراع مخفض الدخان بمنع عمود التحكم لمضخة حقن الوقود من التحرك للإمام لزيادة ضخ جريان الوقود عندما تزداد سرعة ضاغط الهواء (Turbocharger) بحيث يزداد ضغط الشحن وعند سرعة دوران (1200 دورة / دقيقة) سيكون ضغط الشحن عالي جداً بحيث يصل ذراع مخفض الدخان إلى أعلى نقطة للولب تنظيم الجريان.

والشكل (3-30) يوضح أجزاء آلية تخفيض الدخان.



الشكل (3-30) يوضح آلية تخفيض الدخان

أسئلة للمناقشة

س1. ماهى وظيفة مضخة حقن وقود الديزل , وماهى اهم الشروط الواجب توافرهــا فى مضخة الحقن عند تصميمها؟

س2. ماهى أنواع مضخات الحقن المستخدمة فى محركات الديزل مع شرح مبســط لكل منها؟

س 3. ماهى طرق الحقن المستخدمة في حقن الوقود بمحركات الديزل؟

س 4. مالمقصود بالحقن المباشر لوقود الديزل؟

س 5. يتم تصنيف أنظمة حقن الوقود الى نوعين , وضح ذلك بالشرح والرسم لكــل منهما؟

س 6. أشرح بالرسم دورة او منظومة حقن الوقود بمحركات الديزل موضحا الاجزاء على الرسم؟

س 7. ماهى الشروط الواجب توافرها فى منظومة حقن الوقود بمحركات الديزل؟

س 8. مالمقصود بكل من الحقن المبكر والحقن المتأخر بمحركات الديزل وماســبب حدوث كل منهما وماهى المظاهر التى تطرئ على المحرك ويمكن ملاحظتهــا او سماعها او مشاهدتها ؟

س 9. ماهى العوامل التى تحدد كمية حقن الوقود بمحركات الاشعال بالضغط؟

س 10. ماهى أنواع مضخات الحقن المستقيمة؟

س11. ماهى مميزات مضخات الحقن الحق المستقيمة من نوع PE؟

س12. قارن بين مضخات الحقن المستقيمة والمدمجه من نوع PE؟

س13. تنقسم مضخات الحقن المستقيمة والمدمجة من نوع PE الى عدة أقسام وضــح ذلك مع المقارنة بينهما؟

س14. أشرح مع الرسم نظرية عمل مضخة الوقود الدافعة بالتجويف الحلزونى؟

س15. قارن بين كل من مضخة الوقود ذات الذراع المترنح ومضخة التحكم بواسطة الخابور مع الرسم والشرح؟

س16. قارن بين كل من مضخة حقن الوقود ذات صمام السحب ومضخة الحقن ذات صمام التحويل مع الرسم والشرح؟

س17. أشرح بالرسم نظرية عمل المضخة الموزعة موضحا الوظائف المختلفة لاجزائها؟

س18. مالمقصود بكل من حاقنات الوقود (الرشاشات) وحامل الفوهة ؟ وماهى وظيفة كل منها ؟

س19. بين بالرسم تركيب الحاقن أو الرشاش؟

س20. ماهى أنواع فوهات الرشاشات وقارن بين كل منهما بالسشرح والرسم؟

س21. فى أى أنواع غرف الاحتراق تستخدم فوهات الرشاشات ذات الثقوب ولماذا؟

س22. كيف يتم سريان الوقود خلال الفوهة ؟

س23. ماهو مقدار ضغط الوقود عند فتح الرشاش مع الرسم؟

س24. لماذا يفضل تصغير حجم التجويف الكروى اسفل الصمام الابرى؟

س25. فى أى انواع محركات الديزل تستخدم الرشاشات التى بها فوهة ذات محور الارتكاز؟

س26. ماهى اشكال مخروط الحقن ؟ وماهى المناطق الثلاثة الرئيسية لخلط الهواء مع الوقود؟

س27. يتوقف عمل صمام الحقن على حسب تصممميم الفوهة , وضح ذلك بالشرح؟

س28. مالمقصود بفوهات تأخير الحقن؟

س29. مالغرض من وجود ثقب اضافى جانبى بالفوهة ذات محور الارتكاز ؟

س30. ماهى العوامل التى تؤثر على العمر .الافتراضى للحاقن؟

س31. قارن بين الفوهات ذات الثقب الواحد وذات محور الارتكاز الرأسى مع الشرح

والرسم؟

س32. قارن بالرسم والشرح بين فوهات متعددة الثقوب وفوهات ذات اختناق؟

س33. اشرح بالرسم نظرية عمل مضخة الحقن المستقيمة وكيف يمكن ضبط كميـــة الوقود بتدوير الدافعة؟

س34. اشرح نظرية عمل مضخة الحقن ذات الدافعة الدوارة فى حالة التغذية الكاملة وكيف يمكن للحاكم التحكم فى كمية الوقود؟

2

الجزء الثانى

محركات الديزل

4

الباب الرابع

الوقود في محركات الاحتراق الداخلي

ذات الاشعال بالضغط

وقود محركات الاحتراق الداخلي:

Fuels Of Internal Combustion Engines.

ترجع نشأة خام البترول منذ ملايين السنين نتيجة لتحليل المواد العضوية مثل النباتات والحيوانات البحرية التي دفنت في باطن الأرض تحت تأثير التغيرات الجيولوجية وارتفاع الضغط ودرجة الحرارة العالية جداً في باطن الأرض.

ويتكون البترول الخام من آلاف المركبات التي تتكون من عنصرين أساسيين هما الهيدروجين والكربون (وتسمى هذه المركبات بالهيدروكربونات وعلاوة على عنصر الهيدروجين والكربون تضاف بعض الشوائب الكبريتية والرواسب الصلبة وقليلاً من الأكسجين والنيتروجين.ويلاحظ اختلاف لون الزيت الخام تبعاً لمصدره مثل اللون الأصفر واللون البني المائل إلى الاحمرار واللون الأسود كما تختلف درجة لزوجته تبعاً لنوعية الوقود وكذلك تختلف كثافة كل نوع من الآخر.

1-4 منتجات البترول Petroleum Derivatives.

يمكن الحصول على عده منتجات من البترول الخام عند تقطيره في أبراج التقطير وتكون المنتجات مختلفة في الكثافة ودرجة الغليان وخواصها الطبيعية والكيميائية وهذه المنتجات يمكن ترتيبها حسب كثافتها كما يلي:-

1. غاز البوتان	Butane	2. بنزين الطائرات	Aero-Benzen
3. بنزين السيارات	Auto-Benzene	4. كيروسين المحركات النفاثة	Jet Kerosene
5. كيروسين الإضاءة	Kerosene	6. وقود الغاز	Gas Oil
7. وقود الديزل	Diesel Oil	8. زيوت التزييت	Luboils
9. المازوت	Masut	10.الشموع	Waxes
11. الإسفلت	Bitumen		

وتختلف العناصر الموجودة في البترول وتكون في حدود النسب التالية:-

1. الكربون من 81 إلى 88%.
2. هيدروجين من 10 إلى 14 %.
3. أكسجين من 0.01 إلى 1.2%.
4. نيتروجين من 0.002 إلى 1.7%.
5. كبريت من 0.01 إلى 5%.

2-4 التركيب الكيميائي للبترول:

يعتبر البترول خليط من عدد كبير جداً من المركبات الهيدروكربونية التي تختلف في كثافتها وهي تتدرج من غازات خفيفة بسيطة التركيب إلى سوائل ثقيلة إسفلتية وشموع ذات تركيب كيميائي معقد،ويمكن تقسيم هذه المركبات الهيدروكربونية التي يتكون فيها البترول إلى ثلاث مجموعات رئيسية كما يلي:-

أسم المركب	المجموعة	الرمز	نوع السلسلة
1. هيدروكربونات	أ. بارافينات Parrafins	C_nH_{2n+2}	سلسلة خطية Straight Chain
	ب. أوليفينات Olefins	C_nH_{2n}	سلسلة خطية
2.هيدروكربونات نافتينية	أ. بارافينات حلقية Parrafins	C_nH_{2n}	حلقية Ring
	ب. دليفان Dialfines	C_nH_{2n-2}	حلقية Ring
3.هيدروكربونات أروماتية Aromatise	أ. بنزول Banzol	C_nH_{2n-6}	حلقية Ring
	ب. نفثالين Naphthenes	C_nH_{2n-12}	مزدوجة الحلقة Double Ring

ملاحظات:

يمكن تقسيم التركيب الجزئي للوقود إلى نوعين كما يلي:-

أ- التركيب ذات السلسلة المستقيمة Straight Chain

ب- التركيب ذات السلسلة الحلقية Compact Structure

أولا التركيب ذات السلسلة المستقيمة

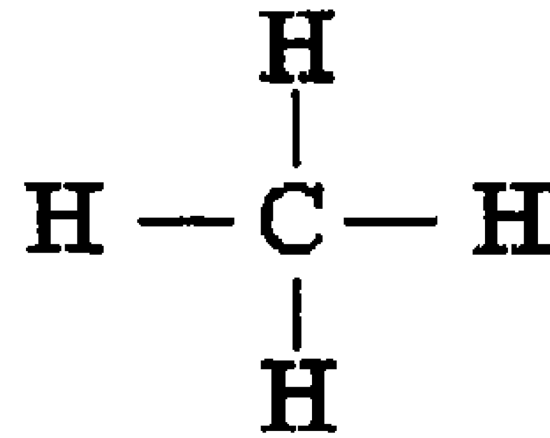
1- البارافينات Parrafins

تعتبر البارافينات مركبات مشبعة حيث ترتبط كل ذره من ذرات الكربون فيها بأربعة ذرات أخرى مع ملاحظة أن الكربون رباعي التكافؤ ويعتبر الميثان ابسط أنواع البارافينات كما انه يعتبر المكون الرئيسي للغاز الطبيعي بينما البارافينات الثقيلة ترتبط مع ذرات الكربون على هيئة سلسلة مستقيمة(straight chain) وتسمى البارافينات ذات السلسلة المفتوحة أو المستقيمة بالبارافينات العادية ويمكن تمثيل ذره أو ذرات الكربون مع ذرات الهيدروجين كما يلي:-

أ- غاز الميثان Methane(CH_4)

يتكون الميثان من ذرة كربون (C) مع أربع ذرات هيدروجين (H) في سلسلة مستقيمة ويلاحظ أن جزئي الميثان مشبع لأنه من فصيلة البارافينات و رمزه الكيميائيC_NH_{2N+2}

وتركيبه الكيميائي يوضح كما يلي:-

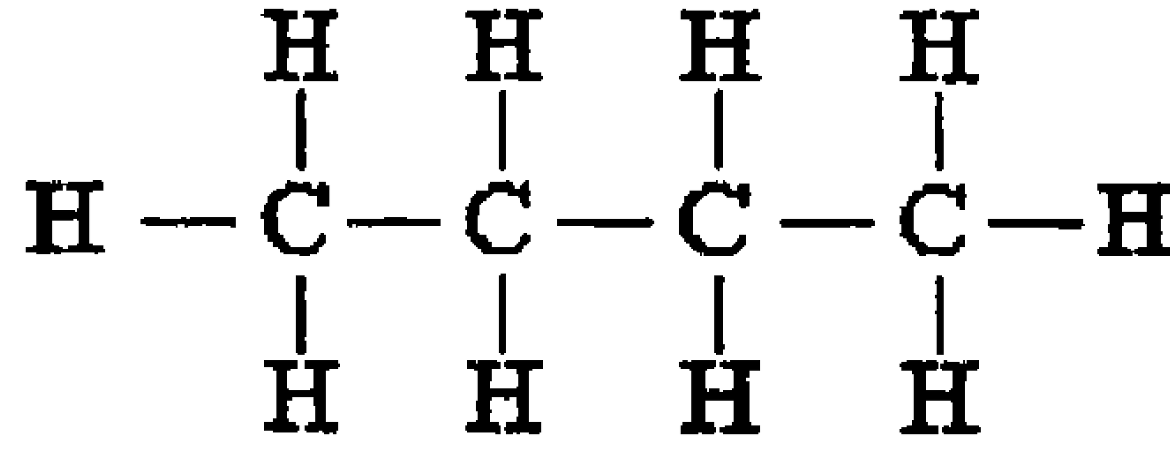


ب-وقود البوتان أو البوتينButane

ويتكون البوتان أو البوتين من 4 ذرات كربون مع عشرة ذرات

هيدروجين ورمزه الكيميائي(C_4H_{10}) ويكون على هيئة سلسلة مستقيمة

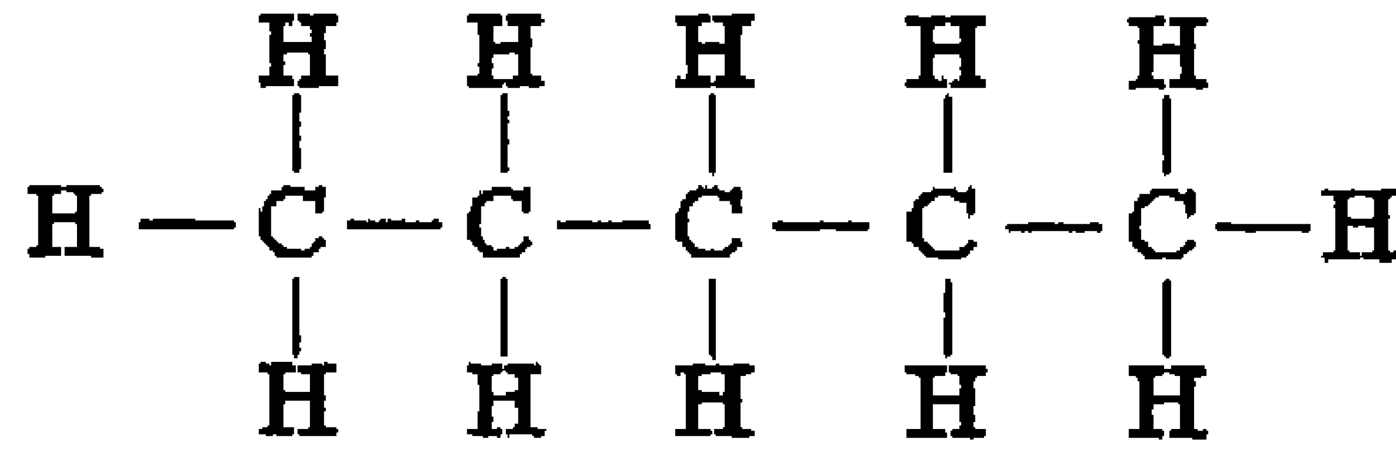
ويسمى هذا التركيب بالتركيب المشبع



ج- وقود البنتين Pentane

يتكون وقود البنتين من خمس ذرات كربون يحيط بها (12) ذرة هيدروجين ورمزه الكيميائي C_5H_{12}

ويكون في سلسلة مستقيمة كما يلي:

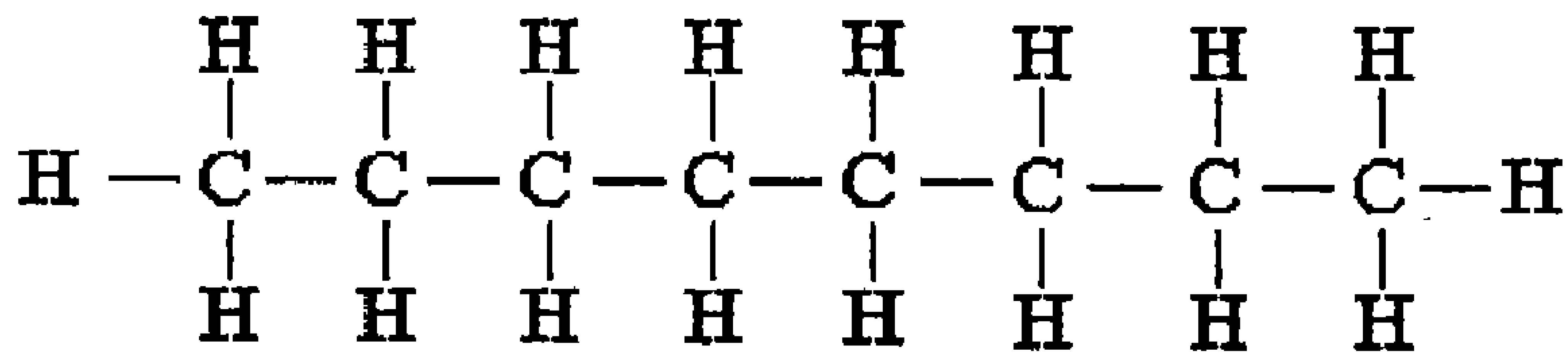


د- وقود الأوكتانOctane

C_8H_{18} ويتكون على صورة سلسلة مستقيمة Straight Chain

يتكون من 8 ذرات كربون مرتبطة مع 18 ذرة هيدروجين ورمزه الكيميائي

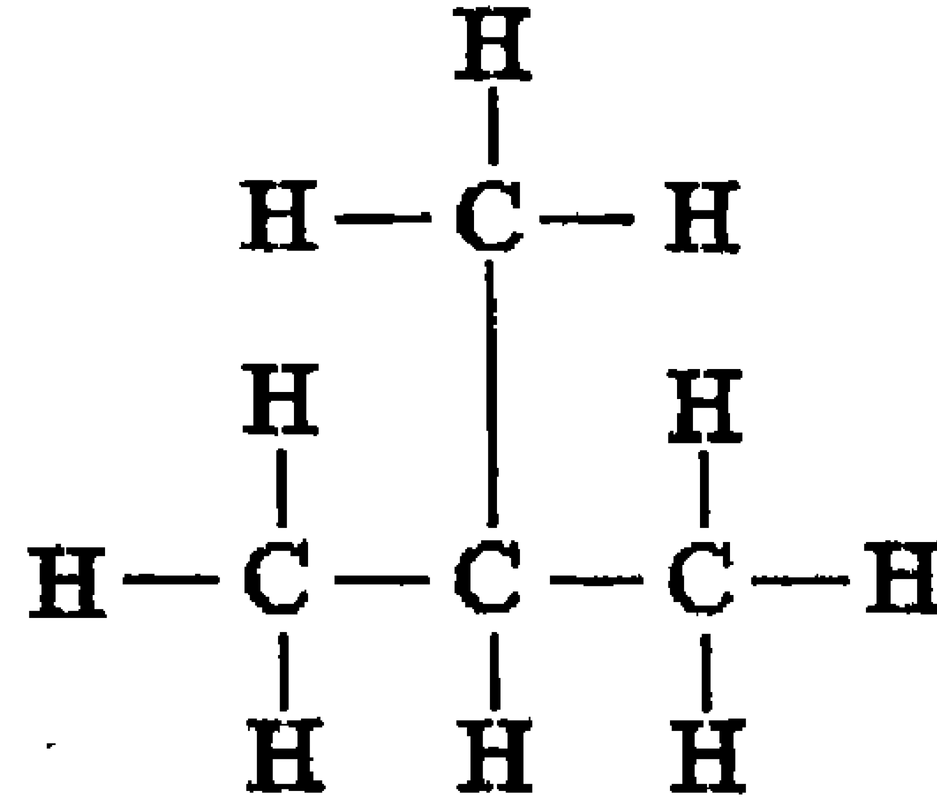
C_8H_{18} ويتكون على صورة سلسلة مستقيمة C_8H_{18} straight chain



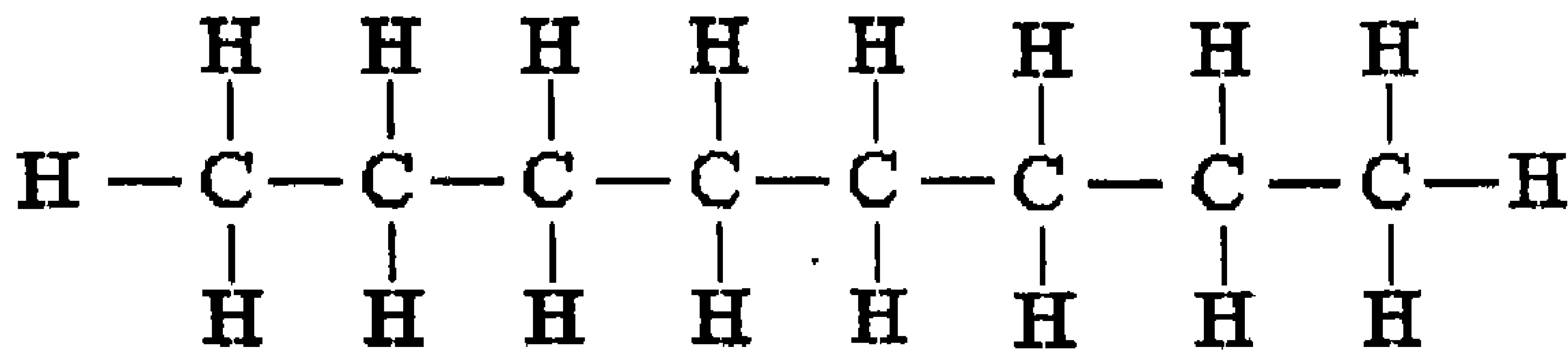
هـ- الايزومات Isomate

وهي البارافينات ذات السلسلة المتفرعة والتي تشترك مع البارافينات ذات السلسلة المفتوحة في الصيغة الكيميائية ولكنها تختلف عنها في التركيب والخواص ومن أمثلة ذلك الايزوبوتان والايزوأوكتان ويمكن تمثيلها كما يلي:-

الايزوبتان Iso-Obtane ورمزه الكيمائي c_4h_{10} ويكون في الصورة التالية:

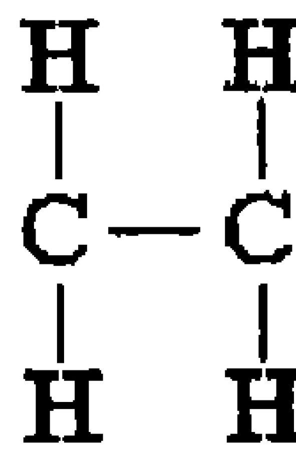


الايزواوكتانIso-Octane ورمزه الكيمائي C_8H_{18}



و- الأوليفينات Oelifines

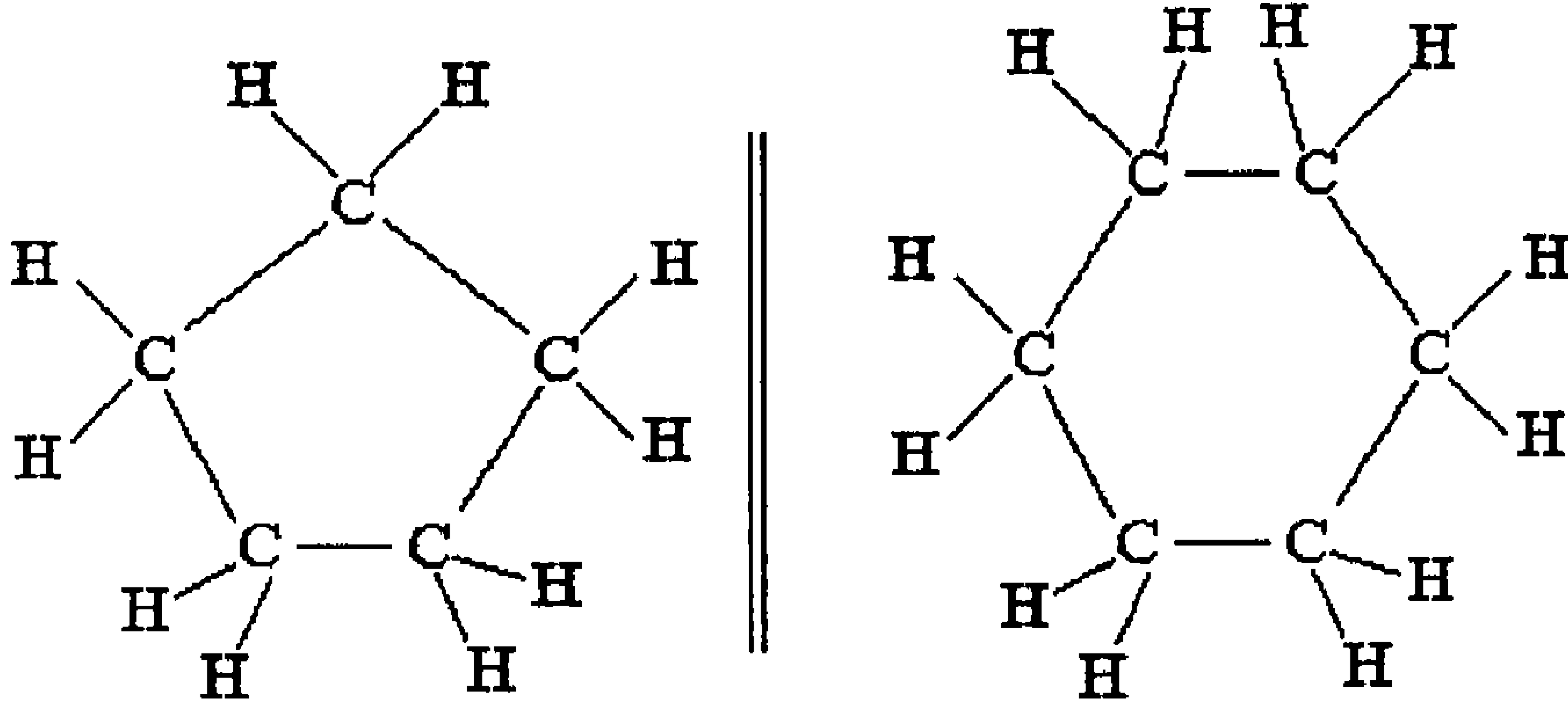
وهي مركبات غير مشبعة لا توجد في خام البترول الطبيعي ولكنها تنتج أثناء عمليات التكسير وتكون على شكل سلسلة مفتوحة مثل الايثين C_2H_4 ويمكن كتابته على الصورة التالية:



ويلاحظ أن هذه المركبات نشطه وتتحد بسهولة مع الهيدروجين وتكوين البارافينات المناظرة وعندما تتحد مع الأكسجين تكون مواد صمغية غير مرغوب فيها.

ثانيا التركيب الحلقي Compact Structure

1- النافثينات Naphthenes ($C_n H_{2n}$)



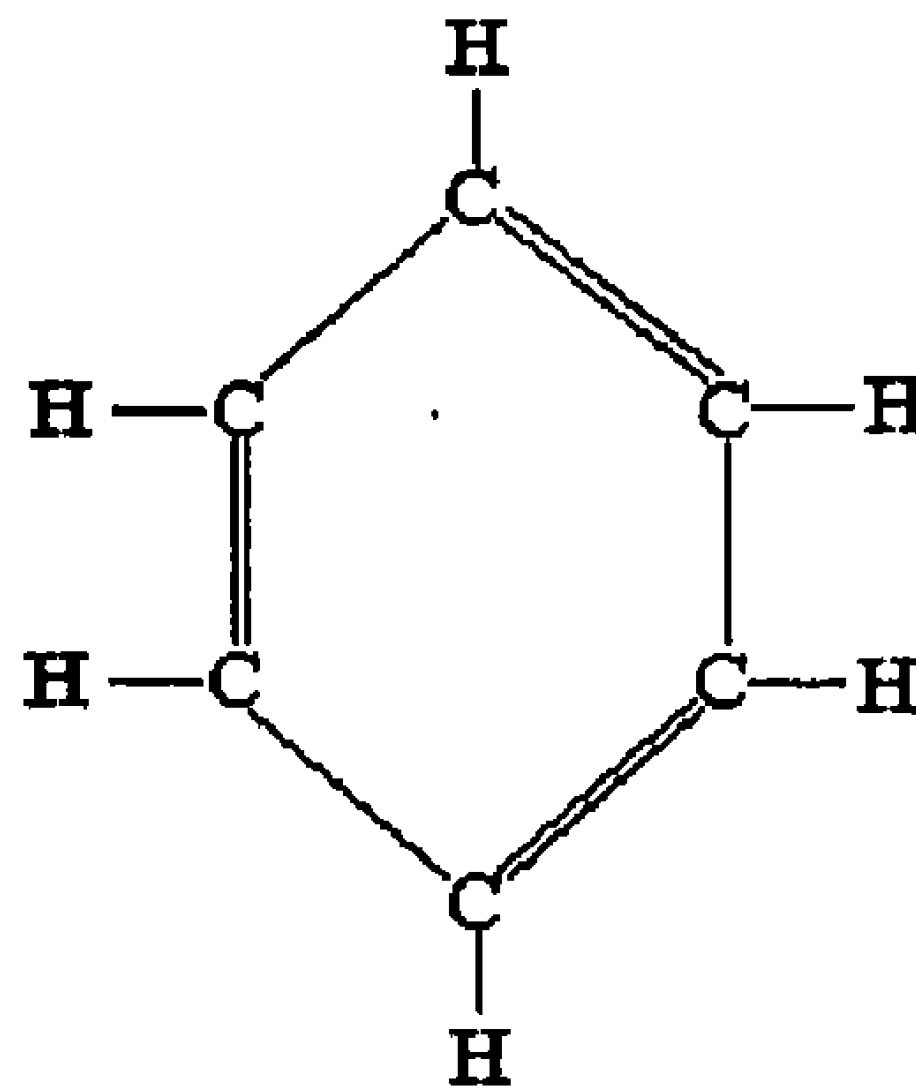
وهي مركبات حلقية مشبعة وتوجد في بنزين المحركات مثل الهكسان الحلقي والنيثان الحلقي

2- المركبات الاروماتية AROMATICS $C_n H_{2n-6}$

وهي تشمل المجموعات الأتية:-

أ- مجموعة البنزين $C_n H_{2n-6}$

وهي مركبات حلقية غير مشبعة مثل البنزول $C_6 H_6$ كما مبينة بالشكل التالي:



والبنزول هو عبارة عن مخلوط من البنزين والتولين والأكسجين ويوجد عدة أصناف من البنزول الخام مثل بنزول90 وبنزول75 ...الخ, وهو يعتمد على النسب المئوية

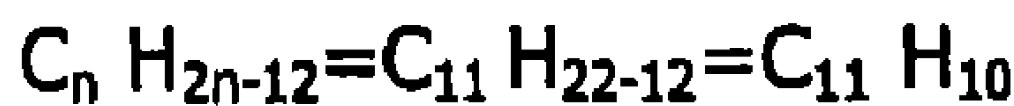
للتقطير تحت $100\ C^{o}$ والبترول الطبيعي يعطي عند تكريره الجزء الذي يحتوي على كبريتيد الكربون وبعض الهيدروكربونات الغير مشبعة درجة غليانهـا منخفـضة و الجزء الثاني يعطي بترول مكرر عند درجة ($80C^{o}$ إلى $150\ C^{o}$) والجـزء الأثقـل يكون عند درجات حرارة أعلى من 150 درجة مئوية. ويتكون الجزء الأثقـل مـن هيدروكربونات غير مشبعة عند درجة حرارة اكبر من $150C^{o}$ وتكريـر البتـرول يكون على الوجه التالي:-

- من 60-70% بنزين
- من 10-20%تولين
- من 5-10%اكسيلين
- اقل من 5% فينول ونفتالين

والبترول الخام يستخلص بواسطة تقطير القطران أو بواسطة الامتصاص لغاز فـرن الكوك بواسطة زيت الغسيل .

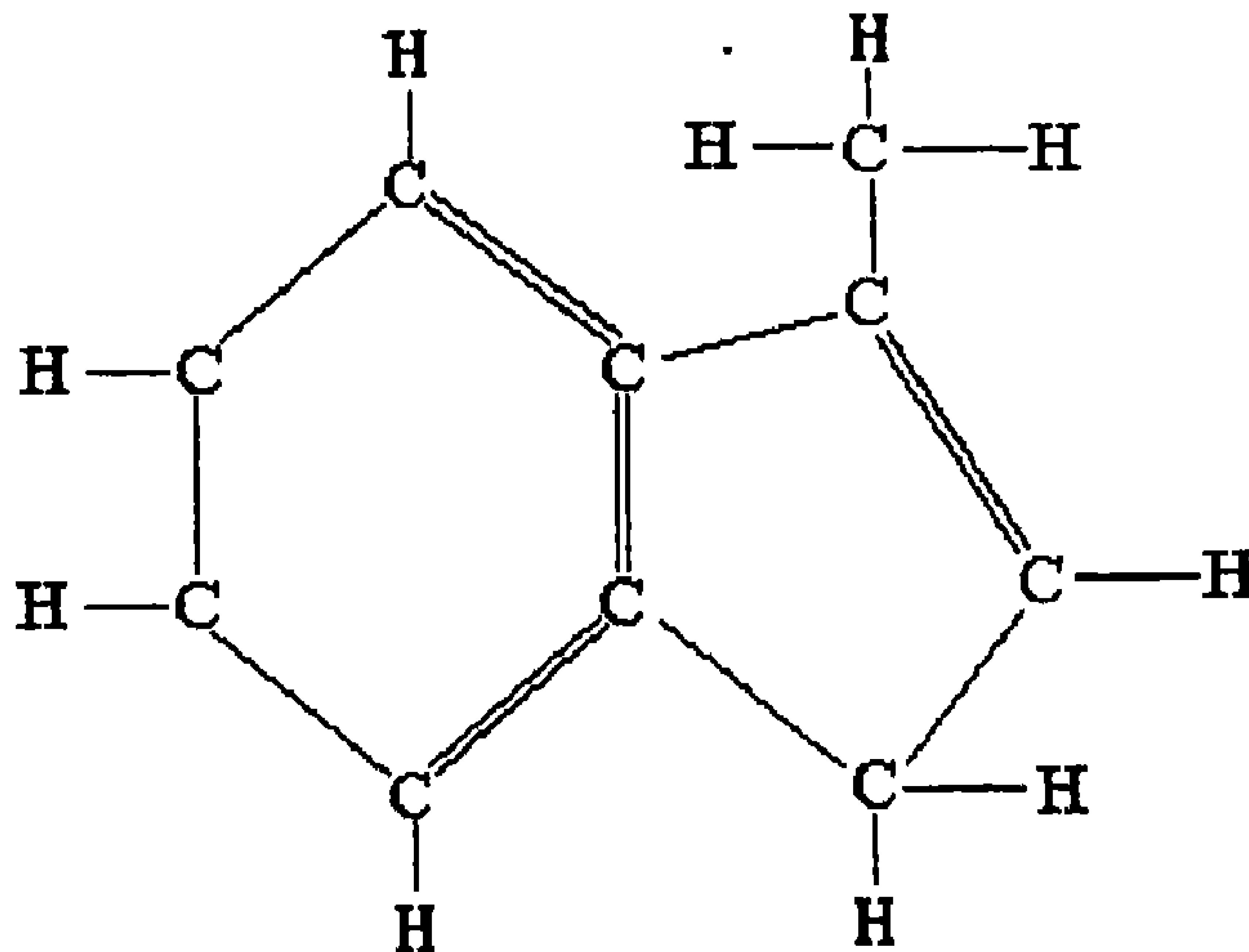
(ب) مجموعة النفتالين $C_n\,H_{2n-12}$

من أمثلة هذه المجموعة هي الالفا مثيل نفتالين ورمزه الكيميائي



$C_n\,H_{2n-12}=C_{11}\,H_{22-12}=C_{11}\,H_{10}$

ويكون الالفا مثيل نفتالين على الشكل التالي:



ويمكن إنتاج المركبات الاروماتية أثناء عملية التكسير باستخدام عامل مساعد أو عن طريق التكسير الحراري تحت درجة 650 مئوية وتعتبر هذه المركبات وقود هام جداً لمحركات البنزين.

3-4 وقود محركات الديزل FUEL OF DISEL ENGINS

1- يستخرج الزيت الخام من الآبار مع ملاحظه وجود بعض الأملاح العالقة به مثل الفانديوم والصوديوم والكالسيوم والماغنيسوم...الخ.

2- يتم إزالة هذه الأملاح من الزيت الخام بواسطة غسلها بالماء وذلك لإزالة الجزء القابل للذوبان في الماء وذلك لعدم تأثير الأنابيب والخزانات بهذه الأملاح والتي تسبب حدوث تأكل بكل منها.

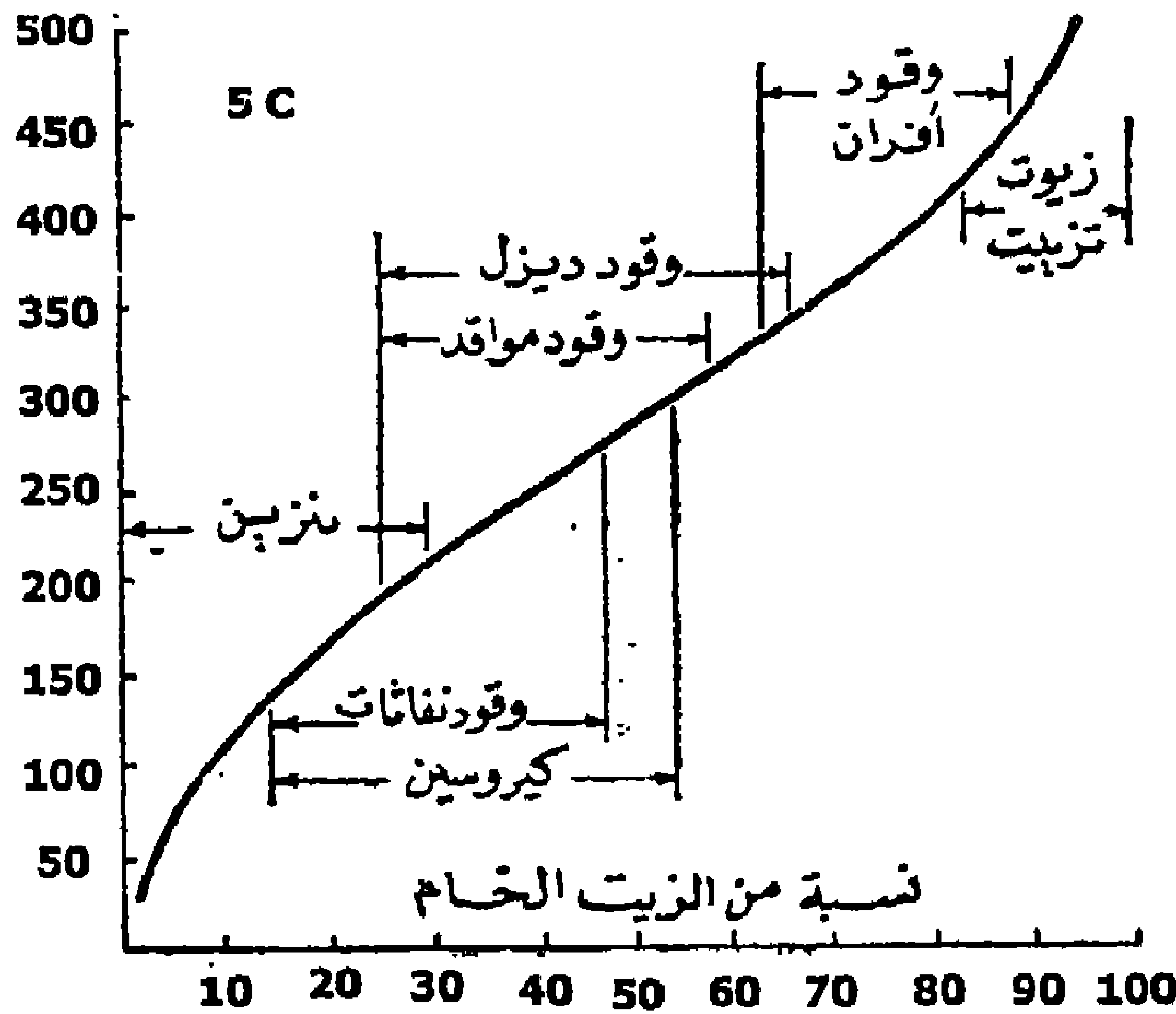
3- يستخدم بعض أنواع الزيت الخام وقوداً لمحركات الديزل فور استخراجه من باطن الأرض إلا أن معظم الزيت الخام يمر بعمليات مختلفة لتكريره وذلك للأسباب الأتية:

ا- للتخلص من الشوائب العالقة بالزيت الخام.

ب- لفصل مركبات الزيت الأساسية عن بعضها البعض في صورة مجموعات.

ج-تحويل بعض هذه المركبات إلى منتجات أخرى.

4- يتم تقطير الزيت الخام عند ظروف خاصة مثل تقطيرها تحت الضغط الجوي أو ضغط تخلخل وذلك لتجزئته إلى عدة مقطرات حيث تستخدم بعض هذه المقطرات دون معالجه لها والبعض الأخر يحتاج إلى معالجه إضافية مثل إعادة تقطيرها مره أخرى أو تنقيتها ومعالجتها كميائياً أو يتم خلط المقطرات المختلفة للحصول على المنتجات النهائية طبقاً للمواصفات المطلوبة لها مع ملاحظة اختلاف المنتجات الناتجة من كل خام تبعاً لمصدره وللعمليات التي تجري عليه كما بالشكل(1-4) والذي يوضح نسبة المنتجات المحضرة من احد الخامات.



الشكل (1-4) يوضح نسبة المنتجات المحضرة من إحدى الخامات

4-4 مكونات وقود الديزل

1- يتكون وقود الديزل من مركبات كيميائية ناتجة من اتحاد الهيدروجين والكربون بنسب مختلفة فمثلاً وقود الإيثان رمزه الكيميائي C_2H_6 ويتكون كل جزئ منه من ذرتين من الكربون متحدة مع 6 ذرات من الهيدروجين بينما وقود البر وبان ورمزه الكيميائي C_3H_{18} يتكون كل جزء منه من 3 ذرات من الكربون متحدة مع 8 ذرات من الهيدروجين.

2-يلاحظ أن وقود الديزل لا يتركب من الكربون والهيدروجين فقط بل يحتوي على مركبات أخرى بنسب مختلفة ويكون التركيب الصحيح لكل جزئي من وقود الديزل كما يلي:-

87% كربون،11% هيدروجين،1%أكسجين،1% كبريت ويلاحظ أن الوقود يحتوي على اقل نسبه من الكربون وهي 1% لان الكبريت يتحول إلى حمض الكبريت خلال إدارة المحرك وخاصة وهو بارد والذي يؤدي إلى تأكل بعض أجزاء المحرك وخاصة

اسطوانات المحرك مع ملاحظة أن هذه النسب المئوية الخاصة بتركيب وقود الديزل تختلف من دوله إلى أخرى حسب مواصفات كل دولة فمثلاً وقود الديزل ف الولايات المتحدة هو $C_{14}H_{30}$.

5-4 خواص وقود الديزل:

يتم تحضير الديزل من خام البترول أو زيت الوقود وخواص وقود الديزل لها تأثير كبير على محرك الديزل إثناء تشغيله وتقاس هذه الخواص بأجراء تجارب معمليه لبيان أداء الوقود في حالة استخدامه فعلاً بالمحرك ولذلك يجب اختبار أداء الوقود في المحرك نفسه للتأكيد من مدى فاعلية وصلاحية الوقود.

ويمكن تصنيف خواص وقود الديزل كما يلي:-

1ـ اشتعال الوقود:

هي قابلية اشتعال وقود الديزل ذاتياً عند ضغط ودرجة حرارة مناسبة للاشتعال داخل غرفة احتراق المحرك والوقود يكون جيد الاشتعال عندما يشتعل ذاتياً عند درجة حرارة منخفضة نسبياً وذلك لتسهيل بدء دوران المحرك ويجب أن يكون إنتاجه قليل من الدخان وقابليته لحدوث الدق منخفضة ويلاحظ أن الدق (Knock) يحدث في محركات الديزل من تراكم أو تجمع الوقود المحقون في غرفة احتراق المحرك قبل وقت حدوث الاشتعال الذاتي للوقود ويسمى ذلك بالحقن المبكر ولذلك يعتبر ضبط حقن الوقود بالكمية المناسبة والوقت المناسب للحقن هام جداً فإذا حدث أن الوقود بدأ في الحقن دون حدوث الاشتعال فأن الوقود يتجمع داخل غرفة الاحتراق ثم يشتعل ذاتياً ففجأة محدثاً صوت عالي مسموع يسمى بالدق وإذا كانت فترة تأخر الاشتعال طويلة مع استمرار حقن الوقود فأن ذلك يسبب إعاقة في استمرار إدارة المحرك بسبب هذا الوقود ردئ الاشتعال ويمكن تصنيف وقود محركات الديزل إلى عدة أنواع حسب رقم معين يسمى برقم السيتان Cetane Number.

2ـ نوعية الاشتعال(رقم السيتان):

يستعمل رقم السيتان لتحديد نوعية الاشتعال لوقود الديزل ويقصد برقم السيتان النسبة المئوية لكمية السيتان Cetane(وقود ممتاز في نوع اشتعال وله اقصر فتره عطله إشعال)وكمية الالفا مثيل نفتالين Albha-Methyl-Nabhthalene(وقود ردئ جداً في نوع اشتعاله وله أطول فترة عطلة إشعال)ويبدأ تدرج رقم السيتان من الصفر والذي يمثل خاصية الاشتعال لوقود ألفا مثيل نفتالين إلى المئة (100) والذي يمثل خاصية نوع الاشتعال لوقود السيتان فقط وعلى ذلك فإذا كان رقم السيتان خاص بوقود ما هو 48 فمعنى ذلك أن الوقود يحتوي 48% ستيان بالإضافة إلى 52% من الألفا مثيل نفتالين ويلاحظ أن يكون زمن التأخير وهو المدة بين بداية الحقن واللحظة التي يبدأ عندها احتراق الوقود إلا يتغير بنفس معدل السيتان فإذا استخدم وقود ردئ في نوعية اشتعاله فيكون زمن التأخير طويلاً والذي يتسبب في تراكم الوقود بغرفة الاحتراق بحيث يحدث في النهاية عند اشتعال الوقود ارتفاع مفاجئ وشديد في الضغط وتسمى هذه الظاهرة بالدق وهي ظاهرة غير مرغوب فيها ولذلك نستنتج انه كلما كان رقم السيتان مرتفع كلما كانت خاصية نوع الاشتعال للوقود أفضل أي أن فترة عطله للاشتعال قصيرة هو رقم السيتان يمكن تعريفه بأنه هو مقياس لصغر فترة عطله الاشتعال لمحركات الاشتعال بالضغط أي انه يعتبر مقياس لمدى مقاومة هذا الوقود لإحداث الدق بالمحرك.

3ـ التطاير:

هو قابلية السائل للتحويل إلى بخار خلال فترة زمنية معينه وتعرف درجة تطاير وقود محرك الديزل بأنها درجة الحرارة التي يتم عندها تقطير90% من مقدار معين لهذا الوقود وتتناسب درجة تطاير الوقود تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة التي يحدث عندها التطاير وذلك في وقود محرك الديزل الجيد ويختلف وقود محرك الديزل الصغير عن وقود محرك الديزل الكبير بالنسبة لدرجة التطاير حيث وقود محركات

الديزل الصغيرة يكون أكثر تطاير من وقود المحركات الكبيرة وذلك لانخفاض معدل استهلاك الوقود وكذلك انخفاض درجة حرارة العادم وتقليل كمية الدخان الناتجة من الاحتراق.

3ـ الرواسب الكربونية:

هي كمية الرواسب المتبقية بعد تسخين كمية معلومة من وقود الديزل في إناء أو معوجة مغلقة توضع في هذا الإناء وتسخن بمعزل عن الهواء وذلك بعد تمام تطاير جميع الوقود وتبخره ويلاحظ ترسب هذه المكونات على الجدران الداخلية للمعوجة وتسمى هذه الرواسب بفحم الكوك وهو نوع من أنواع الكربون وتتجمع رواسب الكربون لزيت الوقود على أجزاء المحرك الداخلية ويتوقف مقدار رواسب الكربون المسموح بها في وقود الديزل على حجم المحرك وسرعته حيث تزيد هذه النسبة في حالة المحركات الكبيرة البطيئة عنها في حالة المحركات الصغيرة السريعة ولذلك يمكن استخدام وقود يحتوي على نسبة كبيرة من الكربون المتخلف (المترسب) في المحركات الكبيرة ذات السرعات المنخفضة وكذلك استخدام وقود يحتوي على نسبة اقل للكربون المتخلف في المحركات الصغيرة ذات السرعات العالية،وبذلك نستنتج أن خاصية الكربون المترسب يدل على مدى قابلية الوقود لتكوين رواسب كربونية على أجزاء المحرك الداخلية مثل سطح المكبس وقواعد الصمامات والجزء العلوي من الاسطوانة والسطح الداخلي لغطاء كتلة الاسطوانات.

4ـ اللزوجة:

هي مقدار مقاومة الاحتكاك الداخلي لجزئيات سائل ما مع بعضها البعض أو هي مقدار مقاومة تدفق أو سريان السائل،وتقاس اللزوجة بالزمن(بالثواني)لتدفق حجم معين من السائل عند درجة حرارة معينة وخلال ثقب صغير معلوم قطره. وتتناسب درجة لزوجة السائل تناسباً طردياً مع الزمن اللازم لذلك وتدل درجة لزوجة وقود محرك الديزل على درجة قابلية الوقود للتدفق في مجاري ومواسير الوقود بالمحرك وعلى

درجة قابلية الوقود لتزييت مضخة الوقود والرشاشات ولذلك يجب قياس لزوجة وقود الديزل قبل استخدامه في دوران محركات الديزل باستخدام جهاز ردوود الانجليزي أو جهاز سايبوليت الأمريكي.

يجب أن لا تقل اللزوجة عن حد معين لان وقود الديزل يستخدم لتزيت وحدات الحقن في مضخات الحقن وأجزاء الرشاشات ويتوقف شكل مخروط تذريه الوقود عند حقنه من الرشاش داخل غرفة الاحتراق على درجة لزوجة الوقود حيث يتناسب طول بخة حقن الرشاش تناسباً طردياً مع درجة لزوجة الوقود أي أن الوقود الأقل لزوجه يعطي مسافة ذات مدى صغير للبخة وذرات دقيقه.الحجم ومتناهية الصغر لرذاذ الوقود حتى يمكن تجانس الوقود مع الهواء بصوره جيده ويتم احتراق الوقود احتراق تام وجيد.

5.مقدرات الكبريت:

عندما يحترق الوقود المحتوى على الكبريت داخل اسطوانة المحرك ينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت والذي يتحد مع الماء الناتج من تكثيف بخار الماء ويتحول إلى حمض الكبريتيك والذي يعمل على تأكل بعض أجزاء المحرك مثل جدران اسطوانات المحرك وخاصة أثناء الحمل الجزئي وعند بداية الدوران والمحرك بارد حيث يتكثف غاز ثاني أكسيد الكبريت ويتحول إلى حمض الكبريتيك المسبب للتآكل وكذلك يحدث التآكل في ماسورة العادم أيضا نتيجة لوجود الكبريت مع الوقود.

6.الأتربة:

يمكن قياس كمية التراب بالوقود وذلك يحرق كمية معينه من الوقود ثم نعين وزن التراب المتبقي الذي يتكون من الرمل وبعض المواد المعدنية ومواد أخرى خشنه والتي تسبب بري Wear وتسلخ وتأكل في بعض أجزاء المحرك لأنها تكون بمثابة الصنفرة الخشنة ولذلك يجب أن تكون نسبة هذه الأتربة قليلة جداً بقدر الإمكان ويتم ذلك بتقطير الوقود تقطيراً جيداً.

7ـ المياه والرواسب:

يحتوي وقود محركات الديزل أيضا على المياه والرواسب والذي تسبب صدأ وتأكل في مضخة الوقود والرشاشات مع ملاحظة أن زيادة المياه عن حد معين يؤدي إلى صعوبة دوران المحرك وعدم انتظامه، ويمكن تعيين كمية الماء والرواسب بالوقود باستخدام جهاز القوه والطاردة المركزية والذي يعمل على فصل هذه المواد الثقيلة من الوقود.

8ـ درجة اشتعال الوقود:

هي أقل درجه حرارة للوقود وتتكون عندها أبخرة الوقود بكميات كافية وقابلة للاشتعال فور تعرضها لأي لهب ويلاحظ أن الوقود ذو درجة الالتهاب المنخفضة يكون خطر عند تخزينه ونقله مع الأخذ في الاعتبار أن درجة اشتعال الوقود هذه ليست هي درجة اشتعال الوقود الذاتي التي يشتعل عندها الوقود داخل اسطوانة المحرك.

9ـ درجة التدفق:

هي درجة الحرارة التي يتجمد عندها الوقود وتدل درجة التدفق على ملائمة الوقود عند استعماله في الأجواء الباردة مع ملاحظة أن الوقود ذو درجة التدفق العالية(أي درجة التجمد العالية) تدل على أن الوقود لايمكنه التدفق بسهوله داخل مواسير ومجاري الوقود مما يتسبب في تذريه ردئية للوقود عند حقنه.

10ـ الوزن النوعي:

هو نسبة وزن حجم معين من الوقود إلى وزن نفس الحجم من الماء النقي مع ملاحظة أن الوقود ذات الوزن النوعي المرتفع يسمى بالزيت الثقيل بينما الوقود ذو الوزن النوعي المنخفض يسمى بالزيت الخفيف،ويتوقف مقدار القيمة الحرارية للوقود على الوزن النوعي ولذلك يفضل قياس الوزن النوعي للزيت عند قياس قيمة الوقود الحرارية مع ملاحظة أن قيمة الوزن النوعيٰ يتناسب عكسياً مع قيمة الوقود الحرارية

لكل كيلو جرام ويمكن قياس الوزن النوعي للوقود بواسطة جهاز الهيدرومتر.

11- قياس الوزن النوعي للوقود:

أ- يتكون وقود الديزل من الكربون والهيدروجين وكل منها له تأثير كبير على كل من الوزن النوعي والقيمة الحرارية للوقود وكلما زادت نسبة الكربون بزيت الوقود يزداد ثقل الوزن النوعي له أي أن الزيت الثقيل يحتوي على نسبة كبيرة من الكربون وبنسبة صغيرة من الهيدروجين وبالتالي فأن قيمته الحرارية تكون منخفضة.

ب- يعتبر جهاز الهيدرومتر جهاز بسيط مصنوع من الزجاج ويتركب من انتفاخ ثقيل الوزن ويتصل بساق رفيعة مدرجة بدرجات تدل على الوزن النوعي أو تكون بدرجات أخرى اصطلاحية.

ج- يمكن قياس الوزن النوعي لعينه من الزيت الديزل (الوقود)حيث يوضع الهيدرومتر في الزيت ويعمر إلى عنق مناسب لكثافة الزيت(أي كلما كان الزيت خفيف الوزن كلما زاد طول الجزء المغمور من الهيدرومتر والعكس صحيح)ثم يقرأ الرقم المحاذي لسطح السائل ويكون مقدار الوزن النوعي هو هذا الرقم المحاذي لسطح السائل وكذلك يمكن تعيين الوزن النوعي لزيت الوقود من العلاقة الأتية:-

$$\text{الرقم الاصطلاحي} = \frac{141.5}{\text{الوزن النوعي}} - 131.5$$

حيث الرقم الاصطلاحي هو الرقم المحاذي لسطح السائل

12- القيمة الحرارية:

تعتبر القيمة الحرارية للوقود خاصية هامة جداً لأنها تحدد كمية الطاقة المطلوب إمدادها للمحرك للحصول على الشغل أو القدرة المطلوبة،وتقاس القيمة الحرارية للوقود بجهاز المسعر ونظراً لارتفاع تكاليف تعييهن القيمة الحرارية بالسعر

فأنه يمكن إيجاد الوزن النوعي للوقود من الجدول التالي والذي يوضح العلاقة بين الرقم الاصطلاحي والوزن النوعي والقيمة الحرارية للوقود.

أي تمكن تعيين الوزن النوعي بمعلومية الرقم الاصطلاحي وهو الرقم المقابل أو المحاذي لسطح السائل في الهيدرومتر باستخدام المعادلة.

$$\text{الرقم الاصطلاحي} = \frac{141.5}{\text{الوزن النوعي}} - 131.5$$

تم تعين القيمة الحرارية من الجدول والمناظرة للوزن النوعي المناظر لرقم الاصطلاحي

تم تعيين القيمة الحرارية من الجدول بعد المناظرة للوزن النوعي المناظر للرقم الاصطلاحي.

القيمة الحرارية kcal/kg	الوزن النوعي	الرقم الاصطلاحي
10300	1.0 -	10
10325	0.9930	11
10355	0.9861	12
10385	0.9792	13
10410	0.9725	14
10440	0.9659	15
10465	0.9593	16
10495	0.9529	17
10515	0.9465	18
10545	0.9402	19
10565	0.9340	20
10590	0.9279	21
10615	0.9218	22
10650	0.9159	23
10660	0.9100	24

10680	0.9042	25
10705	0.8984	26
10720	0.8927	27
10750	0.8871	28
10770	0.8816	29
10790	0.8762	30
10800	0.8708	31
10830	0.8654	32
10850	0.8602	33
10865	0.8550	34
10885	0.8498	35
10900	0.8448	36
10915	0.8398	37
10930	0.8348	38
10955	0.8299	39
10975	0.8251	40
10990	0.8203	41
11005	0.8156	42

اسئلة للمناقشة

س1. ماهى النسب التقريبية للعناصر التى يتكون منها البترول؟

س2. ينقسم التركيب الجزئى للوقود الى نوعين , اذكرهما مع ذكر امثلة لكل منهما مع التوضيح بالرسم الكميائى لهما وذكر القانون والرمز الكميائى لكل مثال؟

س3. مالمقصود بالبنزول وتكلم عن تكرير البنزول ومنتجاتة؟

س4. لماذا يتم ازالة الاملاح من الزيت الخام وكيف يتم ذلك؟

س5. ماهى الظروف التى يتم عندها تقطير الزيت الخام ولماذا؟

س6. ماهى مكونات وقود الديزل وما هى النسبة المئوية للتركيب الصحيح لكل جزئى من الوقود؟

س7. مالمقصود بخاصية الاشتعال لوقود الديزل؟

س8. لماذا يعتبر ضبط حقن الوقود بالكمية المناسبة وفى الوقت المناسب هام جدا؟

س9. مالمقصود بان رقم السيتان لوقود ما هو 48؟

س10. عرف ظاهرة التطاير لوقود الديزل؟

س11. مالمقصود بالواسب الكربونية بوقود محركات الديزل وماهى علاقتة بالمحركات الصغيره والكبيره والبطيئة والسريعة؟

س12. عرف اللزوجة واذكر جهازين يستخدمان لقياس اللزوجة مع الرسم والشرح لنظرية عمل كل منهما؟

س13. ماهى الاضرار التى تنتج من استخدام وقود يحتوى على نسبة كبيرة من الكبريت؟

س14. ماهى الاضرار التى تنتج من استخدام وقود يحتوى على نسبة كبيرة من المياه؟

س15. كيف يمكن قياس نسبة التراب بالوقود؟

س16. مالمقصود بدرجة الاشتعال لوقود الديزل؟

س17. عرف كل من :

أ- درجة التدفق للوقود ب- الوزن النوعى للوقود

س18. كيف يمكن قياس كل من الوزن النوعى والقيمة الحرارية لوقود الديزل؟

س19. اذا علم ان الرقم الاصطلاحى لوقود الديزل هو 15 وان الوزن النوعى 0.9659 اوجد القيمة الحرارية للوقود؟

س20. اذا علم ان الرقم الاصطلاحى لوقود الديزل هو26 أوجد الوزن النوعى للوقد اذا علم ان القيمة الحرارية للوقود 10705 ؟

2

الجزء الثانى

محركات الديزل

5

الباب الخامس

دورات الغاز المثالى ودورات الهواء القياسية

مقدمة :

لدراسة اداء المحركات الحقيقية تم وضع مجموعة فروض تكون بمثابة مستويات قياسية يرجع اليها عند دراسة أداء المحركات الحقيقية مثل دورات الهواء القياسية ودورات الوقود والهواء ، والغرض من ذلك هو ملاحظة ومعرفة ما يحدث بالمحرك فعلا مثل تغير تكوين الوسط العامل (مخلوط الهواء والوقود) أثناء عملية الاحتراق وتحويلة الى غازات عادم وكذلك اختلاط بقايا غازات العادم بالشحنة الجديدة بغرفة الاحتراق وكذلك تأثير تغييرالحرارة النوعية للوسط العامل بتغيير درجة الحرارة وتفكك الغازات عندما ترتفع درجة حرارتها وكيفية تبادل الحرارة بين المادة الفعالة (الوسط العامل) وبين جدران الاسطوانة أثناء عملية الاحتراق وكذلك انخفاض ضغط الغازات عند انسيابها من الصمامات......الخ.

دورات الهواء القياسية Air standard cycle هى دورات تم افتراضها ولايمكن تطبيقها عمليا ، والدوره هى مجموعة اجراءات متتالية على نظام ما بحيث يعود النظام بنهاية هذه الاجراءات الى حالتة الاصلية ثم تتكرر الدوره.

ويلاحظ ان اجراء الاحتراق فى محرك الاحتراق الداخلى وما يحدث من تغيير فى الوسط العامل (المادة العاملة) يختلف عن اجراء اضافة الحراره فى الدورات الحرارية وذلك لان محركات الاحتراق الداخلى تعمل تبعا لدوره مفتوحة أى انه لابد من تغيير الوسط العامل بعد كل دوره لتبدا دورة أخرى جديده وبذلك نلاحظ الاتى:-

- تستخدم معظم المحركات الحرارية مائعا غازيا للتشغيل ، بينما يتغير مائع التشغيل فى محركات الاحتراق الداخلى من الهواء أو خليط من الهواء والوقود ثم غازات العادم بعد عملية الاحتراق .
- اذا مر مائع التشغيل فى دورة كاملة يقال انها دورة مقفلة ويلاحظ عند دراسة محركات الاحتراق الداخلى ان مائع التشغيل لايمر بدورة كاملة بالرغم من ان

المحرك يعمل فى دورة ميكانيكية وتسمى هذة الدورة بالدورة المفتوحة اى انها لاتعمل تبعا لدورة حرارية مقفلة .

- لذلك يتضح ان اجراء الاحتراق فى المحرك وما يصحبة من تغير فى تكـــوين الوسط العامل يختلف عن اجراء اضافة الحرارة فى الدورات الحرارية أى انها تعمل تبعا لدورة مفتوحة ، ولهذا يلزم تغيير الوسط العامل بعد كل دورة بعد ما يؤدى مهمتة ويتمدد الى الضغط الجوى.
- لتبسيط الدراسة النظرية لمحركات الاحتراق الداخلى يجب انشاء دورات مقفلـــة تقترب من الدورات المفتوحة ولهذا وضعت دورات حرارية قريبة جـــدا مـــن الدورات المفتوحة لتفسير وتبسيط الدراسة النظرية لمحركات الاحتراق الداخلى وسميت هذة الدورات بدورات الهواء القياسية والتى تعتمد علـــى الافتراضـــات الاتية : -

1- تحتوى الاسطوانة أثناء الدورة كمية ثابتة من الغاز أى كتلة ثابتة من الهواء خلال الدورة كلها وأن يكون الهواء دائما غازا مثاليا وبذلك لايكـــون هنـــاك اجراء شحن أو اجراء عادم.
2- يستعاض عن توليد الحرارة نتيجة للاحتراق الداخلى بانتقـــال حـــرارة مـــن مصدر خارجى.
3- يمثل اجراء ازالة الحرارة فى غازات العادم وادخال خلـــيط الهـــواء بتبريـــد محتويات الاسطوانة اى تتم الدورة بأنتقال حرارة للمحيط (بدلا من اجراءات العادم والدخول فى
4- يعتبر الوسط العامل هواء ويعامل كغاز مثالى أى يفترض ان حرارتة النوعية لاتعتمد على درجة الحرارة.
5- جميع الاجراءات التى تتكون منها الدورة غير مشوبة باحتكاك او اثارة وانها انعكاسية داخليا .

أى إن دورات الهـــواء القياســـية (Air standard cycles) ودورات الـــديناميكا الحرارية هى دورات مفترضة لا يمكن تطبيقها عمليا ، وان القيمة الأساسية لـــدورات الهواء القياسية هى انها تمكننا من الفحص الكيفي لعدد من المتغيرات على الأداء .

إن كفاءة الدورات الحقيقة للمحرك اقل بكثير من كفاءة دورات الهواء القياســـية ومن أسباب انخفاض كفاءة دورات الهواء القياسية .

1- الفرضيات المستخدمة فى تحليل دورات الهواء القياسية ، ومن تلك الفرضيات ان الهواء غاز مثالى ولة حرارة نوعية ثابتة ، بينما المـــائع المـــستخدم فـــى الدورات الحقيقة ليس هواء فقط بل خليط من الهواء والوقود .

2- قيم الحرارة النوعية لهذا الخليط ليست ثابتة بل تزداد بزيادة درجة الحرارة .

3- فى الدورات الحقيقة يستغرق الاحتراق فترة زمنية معينه إذ يبدأ الاحتراق قبل وصول المكبس الى النقطة الميتة العليا بقليل وينتهي بعد نزول المكبس مـــن النقطة الميتة العليا بقليل بمعني عدم حدوث الاحتراق فى وقت قصير جـــدا كما تم افتراض فى دورات الهواء القياسية .

4- الفقد الحرارى والفاقد بسبب الاحتكاك .

5- فقدان قدر من الطاقة بسبب الشغل المطلوب للقيام بأشواط السحب والانضغاط والعادم .

6- صمام السحب والعادم لا يمكن ان يفتحا او يغلقا بشكل أنى وبذلك فإن نـــواتج الاحتراق تتطلب وقتا لكي تنساب خارج الاسطوانه وكذلك انـــسياب شـــحنة جديدة إلى اسطوانة المحرك .

ولذلك فان دورات الهواء القياسية Air standard cycles هى دورات تم افتراضها ولايمكن تطبيقها عمليا مع ملاحظة ان معنى كلمة دورة هو حدوث مجموعة اجراءات متتالية على نظام ما بحيث يعود النظام بنهاية هذه الاجراءات الى حالتة الاصلية والذى يسمح بتكرار الدوره وطبقا للقانون الاول للثرموديناميكا (الديناميكا الحرارية) لنظـــام

مغلق خلال دوره طبقا للعلاقة التالية:-

$$\oint \delta Q = \oint \delta W$$

حيث رمز التكامل $\oint$ مع دائرة فى المنتصف تستخدم للدلالة علـــى تكامـــل الدوره بالكامل وبالتالى يمكن كتابة الكفاءه الحراريه على صوره المعادله الاتيه:

الكفاءه الحرارية =كمية الحرارة المضافة -كمية الحرارة المطرودة الشغل المبذول

$$\zeta_{th} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = \frac{(W.D) Workdone}{Q_H}$$

حيث:

ζ_{th} هى الكفاءه الحرارية

Q_H كمية الحرارة المضافة

Q_L كمية الحراره المطروده

Work done (W.D) هى الشغل المبذول

والفائدة الاساسية لدورات الهواء القياسية هى انها تمكننا من اختبار تأثير عدد من المتغيرات على الاداء اختبارا نوعيا أى بيان وتوضيح تأثير بعض القيم على أداء المحركات مع ملاحظة ان التبسيط المتناهى يجعل

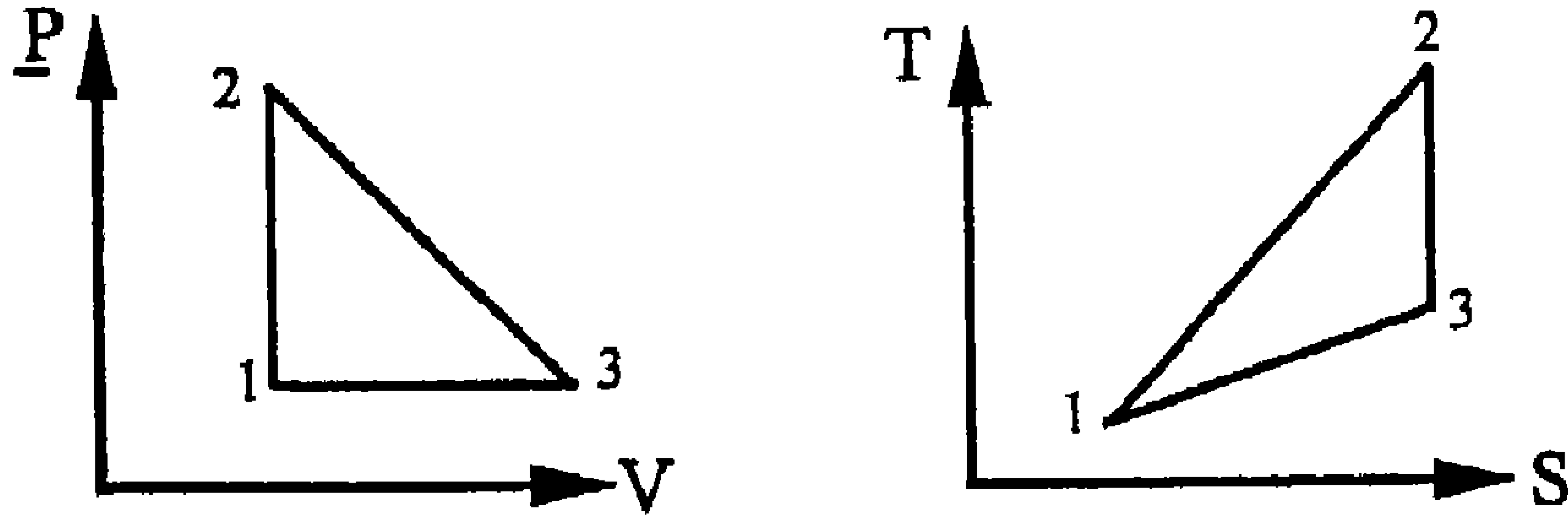
القيم التى نحصل عليها من حساب دورات الهواء القياسية مثل قيمة الكفـــاءة الحرارية وقيمة الضغط المتوسط تختلف اختلافا كبيرا عـــن القـــيم الفعليـــة للمحركات الحقيقية ولذلك تنحصر أهمية دورات الهواء القياسية فى الدراســـة الاولية للمحركات وفى بيان تأثير بعض القيم على أداء المحركات اى يكـــون التركيز فى دراستنا لدورة الهواء القياسية يكون مبدئيا من الوجهه النوعية.

أولا۔ دورة لينوار:

يوضح الشكل (1- 5) دورة لينوار حيث لا يضغط الوسط العامل فيها بـــل تضاف الحرارة بثبوت الحجم أثناء الاجراء 1-2 ، ثم يتمدد الغـــاز بثبـــوت

الانتروبيا أثناء الاجراء 2-3 ثم تزال الحرارة بثبوت الضغط أثناء الاجــراء 3-1 ، وقد وضعت هذة الدورة عام 1860 وهى لاتستخدم الآن فى محركات الاحتراق الداخلى.

1- دوره لينوار



الشكل (5-1) يوضح دورة لينوار على منحنيــات الــضغط والحجــم (P-S) منحنى الانتروبيا ودرجة الحرارة (T-S)

ثانيا. دورة كارنوت Carnet cycle :

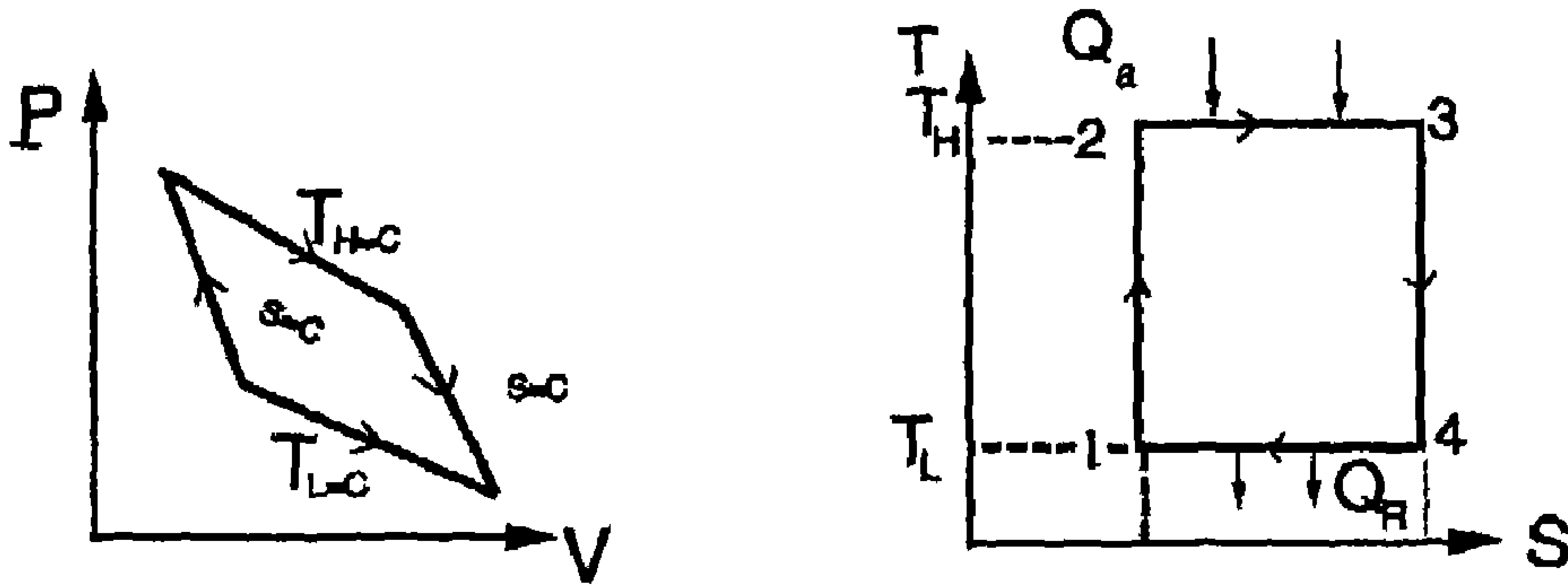
1- يتضح من دراسة القانون الثانى أهمية اضافة الحرارةعنــد أعلــى درجــة حرارة ممكنة وكذلك ازالة الحرارة عند أدنى درجة حرارة.

2- وضح العالم كارنو هذه الحقيقة كذلك بين أهمية ربط اجرائى اضافة الحرارة وازالتهاباجرئين أديباتي أديباباتيين بدون احتكاك لايؤديان الى أى فقــد فــى الارجاعية.

3- تؤدى دورة كارنوت الى أكبرقابليه للحرارة المضافة وهى تتكون من أربعة اجراءات ، أجرائين عند ثبوت درجة الحرارة واجرائين عند ثبوت الانتروبيا والشكل (5-2) يوضح آلة كارنو وهى تتكون من اسطوانة ينزلق داخلها مكبس بدون احتكاك حيث الاسطوانة والمكبس من مادة عازلة وغطاء الاسطوانة من مادة جيدة التوصيلللحرارة وأمامة غطاء عازل.

4- عند تزويد الآلة بالحرارة يوضع غطاؤها الموصل ملامسا لمصدر حـــرارى ذى درجة حرارة عالية ثابتة ، وعند ازالة حرارة من الآلة يوضع غطاؤهـــا ملامسا لبالوعة حرارة أى خزان حرارة درجة حرارتة منخفضة وثابتة وأثناء اجرائى ثبوت الانتروبيا تعزل الاسطوانة.

2 – دورة كادنو



الشكل (2-5) يوضح دورة كارنوت

5- تتكون دورة كارنو من الآجراءات الأساسية الأربعة الأتية:-

أ- اجراء ارجاعى عند ثبوت درجة الحرارة حيث تنتقل حرارة من او الى خزان عند درجة حرارة مرتفعة.

ب- اجراء أدياباتى ارجاعى تنخفض فية درجة حرارة مائع التشغيل من درجـــة الحرارة العالية الى درجة الحرارة المنخفضة.

ج- اجراء ارجاعى عند ثبوت درجة الحرارة حيث تنتقل فية الحرارة من او الى الخزان عند درجة الحرارة المنخفضة.

د- اجراء ارجاعى ترتفع فية درجة حرارة مائع التشغيل من درجـــة الحـــرارة المنخفضة الى درجة الحرارة العالية.

6- يبين الشكل (3-5) دورة كارنو المثالية اذا تمت علـــى غـــاز مثـــالى وذلـــك بمنحنيات الضغط والحجم (P-V) ودرجـــة الحـــرارة والأنتروبيـــا (T-S) ويلاحظ فيها الأتى:

- الأجراء 1-2 تضاف أثناءه الحرارة الى الغاز عند درجة حرارة ثابتة (T_H) مساوية لدرجة حرارة مصدر الحرارة.
- الأجراء 2-3 حيث يتمدد الغاز أثناءة عند ثبوت الأنتروبيا وتنخفض درجة حرارتة الى ان تصل الى درجة بالوعة الحرارة (T_L).
- الأجراء 3-4 حيث تطرد خلالة الحرارة من الغاز عند درجة حرارة ثابتة (T_L) والمساوية لدرجة حرارة بالوعة الخرارة .
- الأجراء 4-1 حيث يضغط أثناءة الغازعند ثبوت الأنتروبيا فترتفع درجة حرارتة الى ان تصل الى درجة حرارةمصدر الحرارة (T_H).
- يمكن ايجادالكفاء الحرارية لدورة كارنو ζ_{carnot} كمايلى:

$$Q_{in} = T_N * \Delta s$$
$$Q_{out} = T_L * \Delta s$$
$$Work \quad Done = Q_{in} - Q_{out} = \Delta s(T_H - T_L)$$

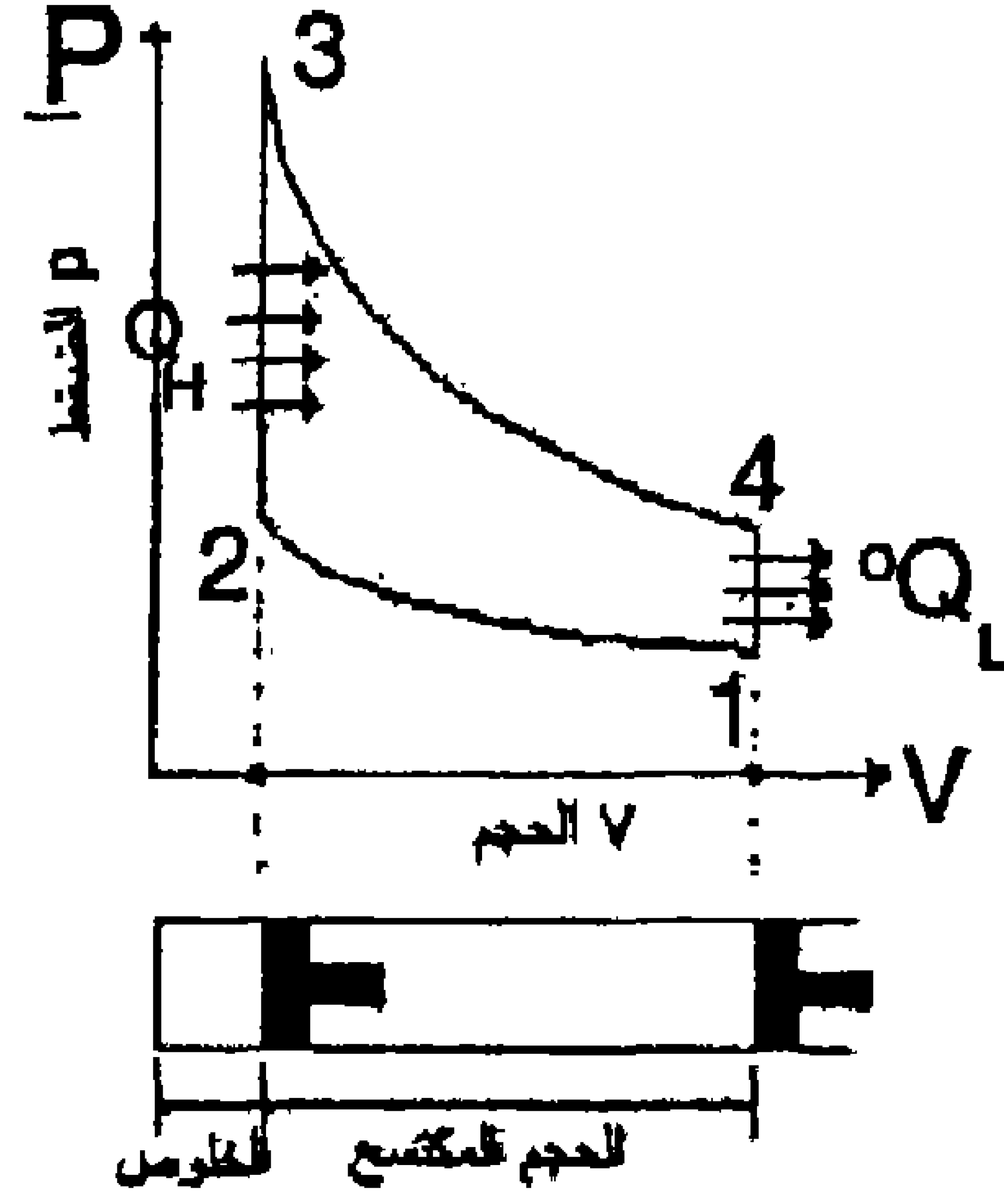
$$\zeta_{carnot} = \frac{Work \quad Done}{Q_{IN}} = \frac{\Delta s(T_H - T_L)}{\Delta s * T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

ومن أهم الصعوبات العملية لدورة كارنو هى صعوبة انتقال الحرارة أثناء اجرائى التمدد والانضغاط عند ثبوت درجة الحرارة ، ولكن الحقيقة يستحيل الاقتراب من تحقيق ذلك فى آله تعمل بمعدل سرعة معقولة ولذلك تعتبر دورة الهواء القياسية لكارنو غير عملية.

ثالثا۔ دورة أوتو (دورة ثبوت الحجم): Otto cycle

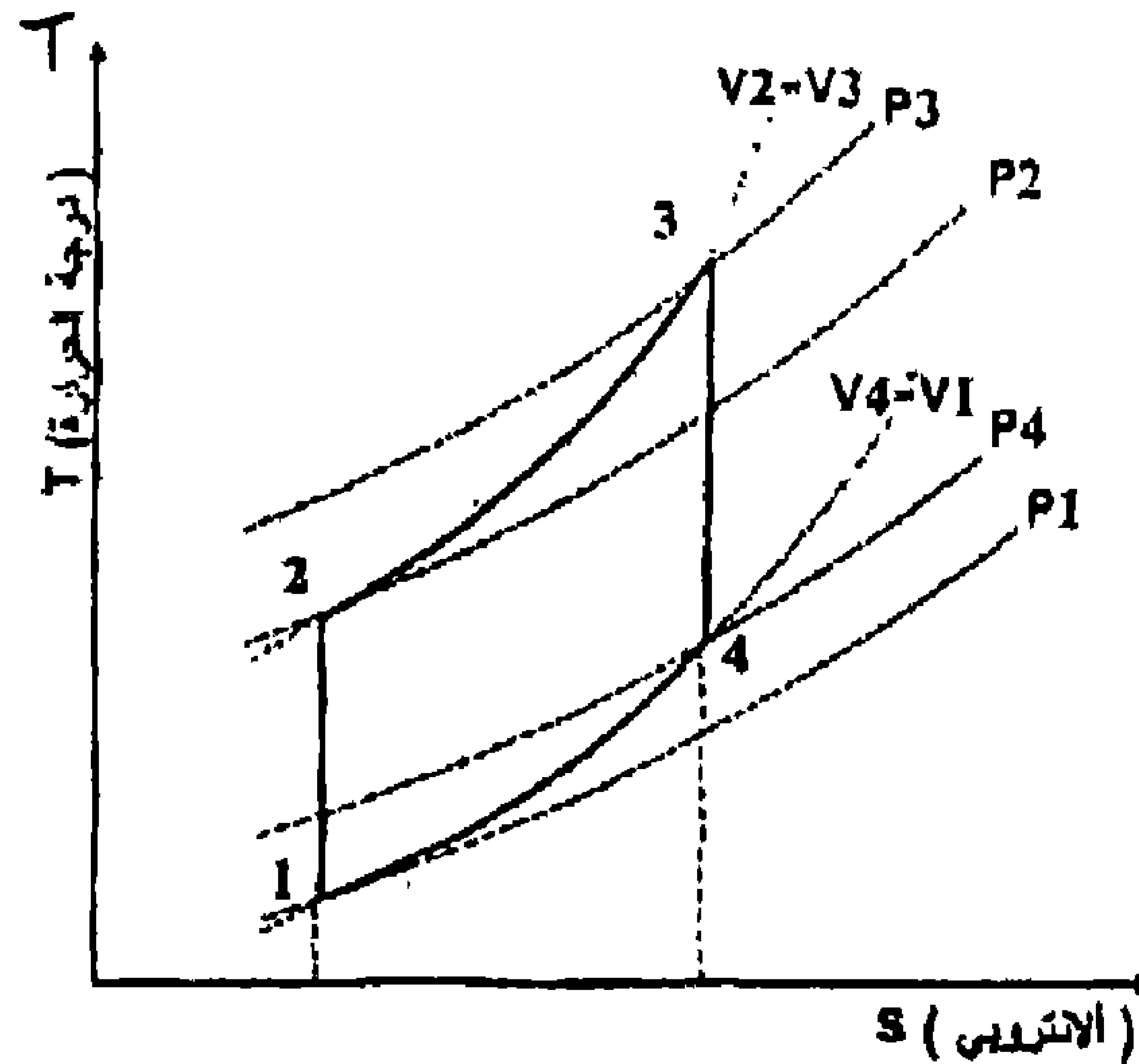
1- يعتبرالعالم بودى روشا أول من وضع هذة الدورة عام 1862م وفى عام 1876م صمم العالم الالمانى Dr A.N Otto أوتو محرك احتراق داخلى يعمل طبقا لهذة الدورة بنجاح وتسمى هذه الدوره بدوره الحجم الثابت حيث يتم اضافة الحراره وطردها عند حجم ثابت.

2- تعتبردورة أوتو هى دورة الهواء القياسية لمحركات الغاز والبنزين والكيروسين أى انها تتبع محركات الاشعال بالشرارة كما انها تقترب من دورة محركات الديزل كلما زادت سرعتها حيث تصل سرعة محركات الديزل الحديثة الـــى 5000 لفة لكل دقيقة .



الشكل (3-5) العلاقة بين الحجم والضغط لدورة أتو.

3- دورة أوتو Otto cycle-



الشكل (4-5) العلاقة بين الانتروبي ودرجة الحرارة لدورة أتو

3- تتم دورة اوتو المبينة بالشكل (5-4) والذى يوضح منحنى العلاقة بين الضغط والحجم (P-V) والشكل (5-5) يوضح منحنى العلاقة بين درجة الحراره والانتروبى(T-S) خلال الاجراءات الاتية:-

- يتم ضغط الهواء عند ثبوت الانتروبى خلال الاجراء 1 ← 2
- يتم اضافة كمية من الجرارة عند ثبوت الحجم من مصدر خارجى خلال الاجراء 2 ← 3
- يتمدد الهواء عند الانتروبيا خلال الاجراء 3 ← 4
- يتم تبريد الهواء عقب ذلك عن طريق امتصاص كمية من الحرارة عند ثبوت الحجم خلال الاجراء 4 ← 1

4- يمكن تعيين كمية الحرارة المضافة عند ثبوت الحجم 2 ← 3 من المعادلة الاتية:

$$Q_{in} = q_h = mc_v(T_3 - T_2)$$

5- يمكن تعيين كمية الحرارة المطرودة عند ثبوت الحجم خلال الاجراء 4 ← 1 من المعادلة الاتية ك:

$$Q_{out} = q_L = mc_v(T_4 - T_1)$$

6- يمكن تعيين الشغل المبذول بالدورة من المعادلة الاتية:

$$Q_{out} = Q_{in} - Q_{out} = mc_v(T_3 - T_2) - mc_v(T_4 - T_1)$$

7- يمكن تعيين الكفاءة الحرارية لدورة أوتو من العلاقة الاتية:

$$\zeta_{otto} = \frac{Work \quad Done}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{O_{in}} = 1 - \frac{mc_v(T_4 - T_1)}{mc_v(T_3 - T_2)} \quad ....(1)$$

$$\therefore \zeta_{otto} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \quad , \because \frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} = \left(\frac{1}{r_{comp}}\right)^{k-1}$$

$$\because \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \left(\frac{1}{r_{comp}}\right)^{k-1} \quad , \therefore \frac{T_4}{T_3} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = \left(\frac{1}{r_{comp}}\right)^{k-1}$$

8- وبالتعويض من هذة العلاقات فى المعادلة (1) نحصل على الجودة الحرارية لدورة أوتو من العلاقة الاتية:

$$\zeta_{otto} = 1 - \frac{1}{(r_{comp})^{k-1}}$$

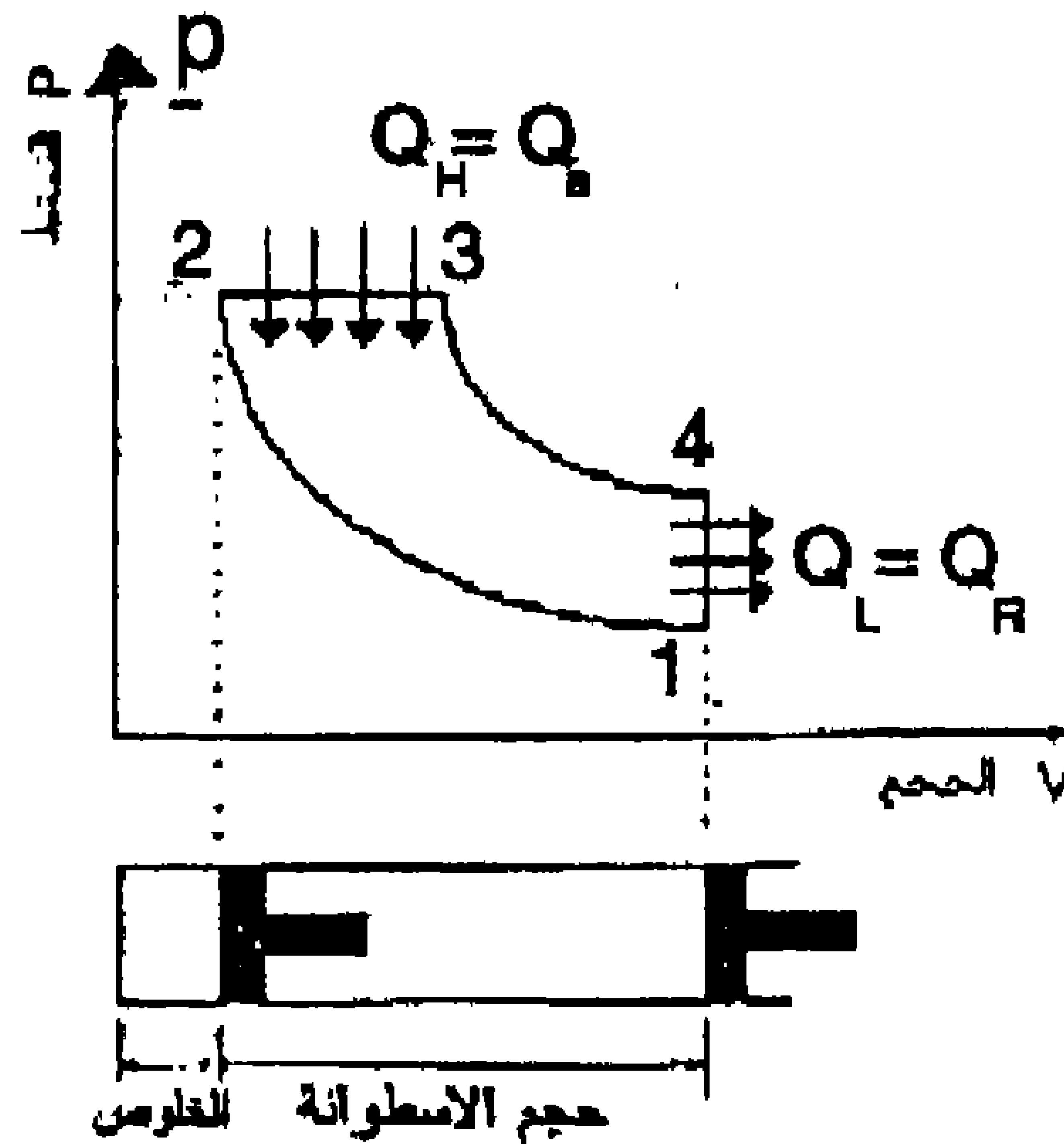
حيث $r_{comp.}$ هى نسبة الانضغاط compression ratio أى ان $r_{comp} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_s - V_c}{V_c}$

حيث (V_s) هو حجم المشوار او الشوط ويعين من العلاقة الاتية $V_s = \frac{\pi}{4} D^2 L$

V_c هو حجم الخلوص للاسطوانة.

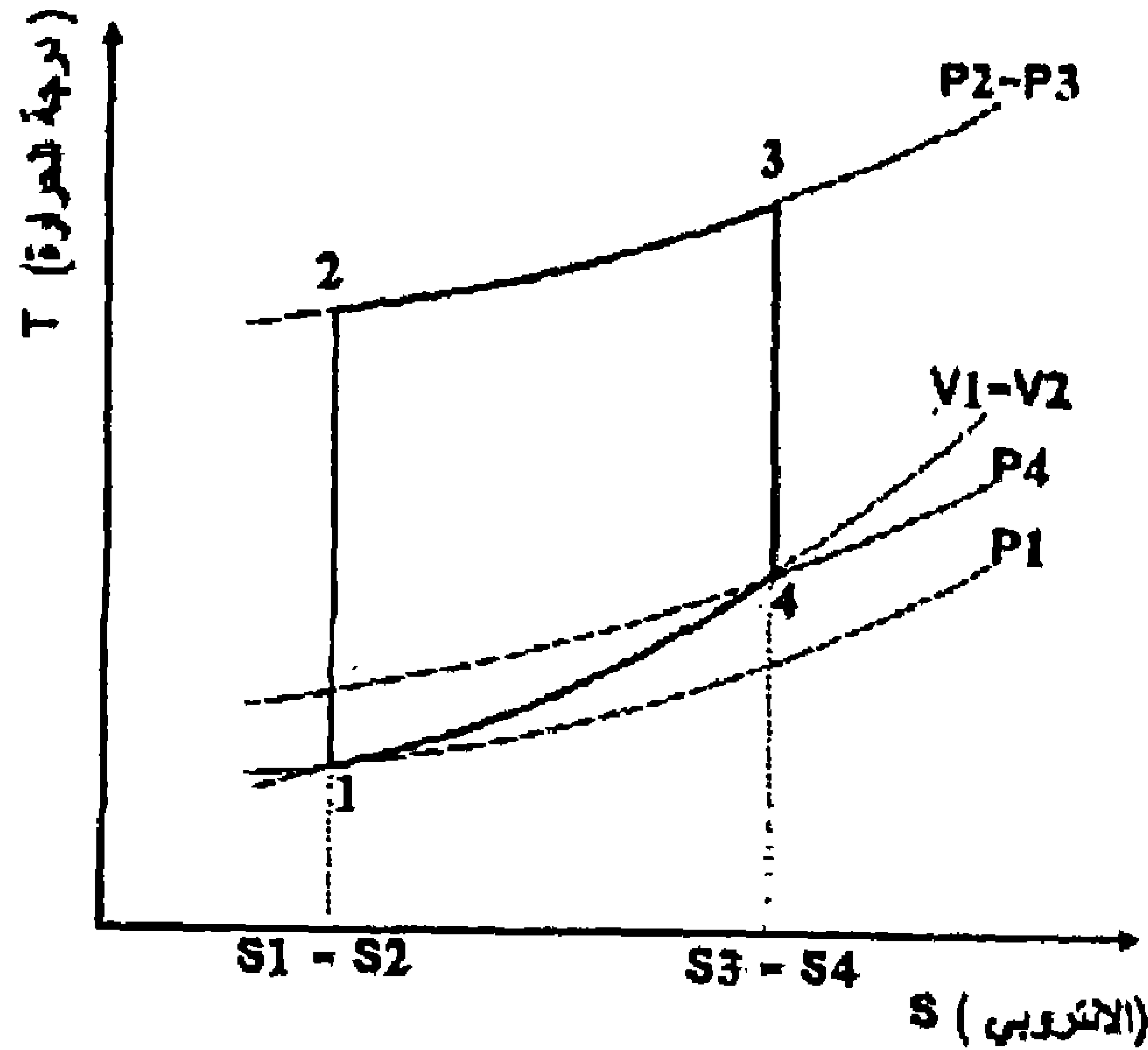
رابعا - دوره ديزل Diesel Cycle

تنسب هذه الدوره الى العالم الالمانى رادولف ديزل ولذلك سميت بأسمة حيث طبقت هذه الدوره فى عام 1890م والتى تم فيها اضافة الحراره تحت ضغط ثابت وهى تخص محركات الديزل التى تستخدم وقود الديزل والتى تسمى أيضا بمحركات الاشعال بالضغط والشكل (5-6) يوضح منحنى العلاقة بين الضغط والحجم (P-V) والشكل (5-7) يوضح منحنى العلاقة بين درجة الحراره والانتروبى(T-S).



الشكل(5-5) العلاقة بين الحجم و الضغط لدورة ديزل .

4- دوره الديزل Diesel cycle



الشكل (5-6) العلاقة بين الانتروبى و درجة الحراره لدورة ديزل.

وتتكون دوره ديزل من الاجراءات الاتية:-

الاجراء أو العملية 1←2:

وهو انضغاط أيسنتروبى طبقا للعلاقة

$$PV^{K} = constant = c$$

حيث يحدث خلال هذا الاجراء او العملية ارتفاع فى الضغط من P_1 الى P_2 وانخفاض فى الحجم من V_1 الى V_2 وارتفاع فى درجة الحرارة من T_1 الى T_2 ويلاحظ عدم اضافة او فقد حراره خلال هذا الاجراء ولذلك يسمى هذا الاجراء بالانضغاط الايسنتروبى حيث $S_2 = S_1$

الاجراء او العملية 2←3:

حيث يتم اضافة حراره خلال هذا الاجراء عند ضغط ثابت اى ان $P_2 = P_3$ مع زياده الحجم من V_2 الى V_3 وارتفاع درجة الحراره من T_2 الى T_3 وزياده الانتروبى من S_2 الى S_3

الاجراء او العملية $3 \rightarrow 4$:

وهو انضغاط أيسنتروبى طبقا للعلاقة

$$PV^K = constant = c$$

حيث ينخفض الضغط خلال هذه العملية من P_3 الى P_4 ويزداد الحجم من V_3 الى V_4 وتنخفض درجة الحراره من T_3 الى T_4 مع ملاحظة انة لايحدث اضافة او فقد فى الحراره خلال هذا الاجراء وذلك لان هذا الاجراء ايسنتروبى اى ان $S_4 = S_3$

الاجراء او العملية $4 \rightarrow 1$:

حيث يتم طرد الحراره خلال هذا الاجراء عند حجم ثابت اى ان $V_1 = V_4$ مع انخفاض الضغط خلال هذه العملية من P_4 الى P_1 وانخفاض درجة الحراره T_4 الى T_1 وكذلك انخفاض الانتروبى من S_4 الى S_1.

ايجاد الكفاءه الحرارية لدوره ديزل :

نظرا لاضافة كمية حراره عند ضغط ثابت خلال الاجراء ***الاجراء او العملية*** $2 \rightarrow 3$ اى ان $P_2 = P_3$ فانة يمكن ايجاد كمية الحراره المضافة Q_H خلال هذا الاجراء من المعادلة الاتية:

$$Q_H = mc_p(T_3 - T_2)$$

ويمكن ايجاد كمية الحرارة المفقودة او المطروده أيضا خلال الاجراء $4 \rightarrow 1$ من العلاقة الاتية:

$$Q_L = mc_V(T_4 - T_1)$$

حيث $C_P = 1.005 \, KJ/kg.k$ هى الحرارة النوعية عند ثبوت الضغط

$C_V = 0.717 \, KJ/Kg.k$ هى الحراره النوعية عند ثبوت الحجم.

K هى ثابت ويعرف بانه النسبة بين الحرارة النوعية عند ثبوت الضغط وبين الحرارة النوعية عند ثبوت الحجم اى ان $K = \frac{C_P}{C_V} = 1.4$

ويمكن ايجاد الكفاءه الحرارية لدوره ديزل من العلاقة الاتية:

$$\zeta_{th(diesel)} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{mc_V(T_4 - T_1)}{mc_p(T_3 - T_2)}$$

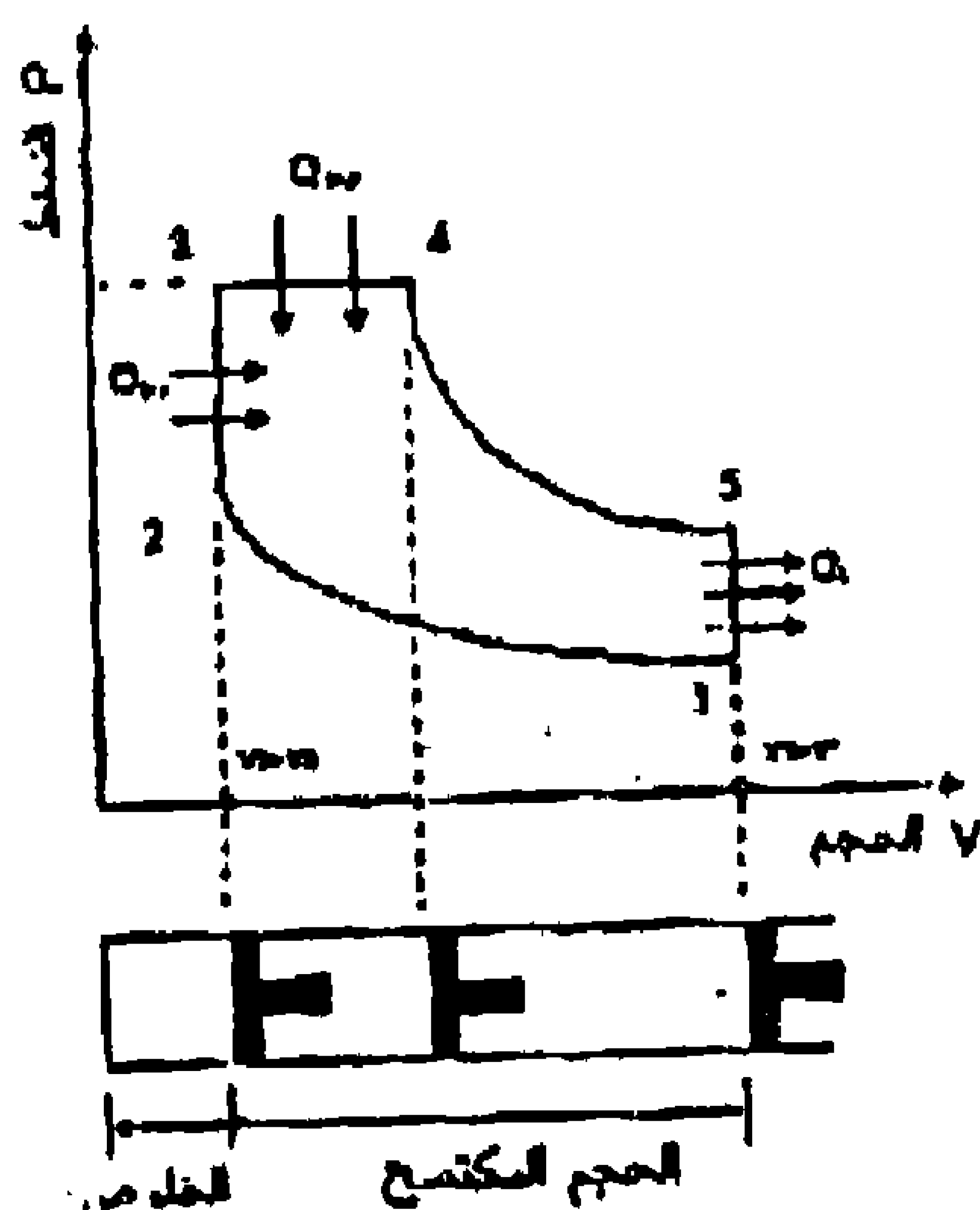
$$= 1 - \frac{T_1\left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{T_2 * \frac{C_p}{c_v}\left(\frac{T_3}{T_2} - T_2\right)}$$

الدورة المختلطة او المشتركة أو دورة دويل

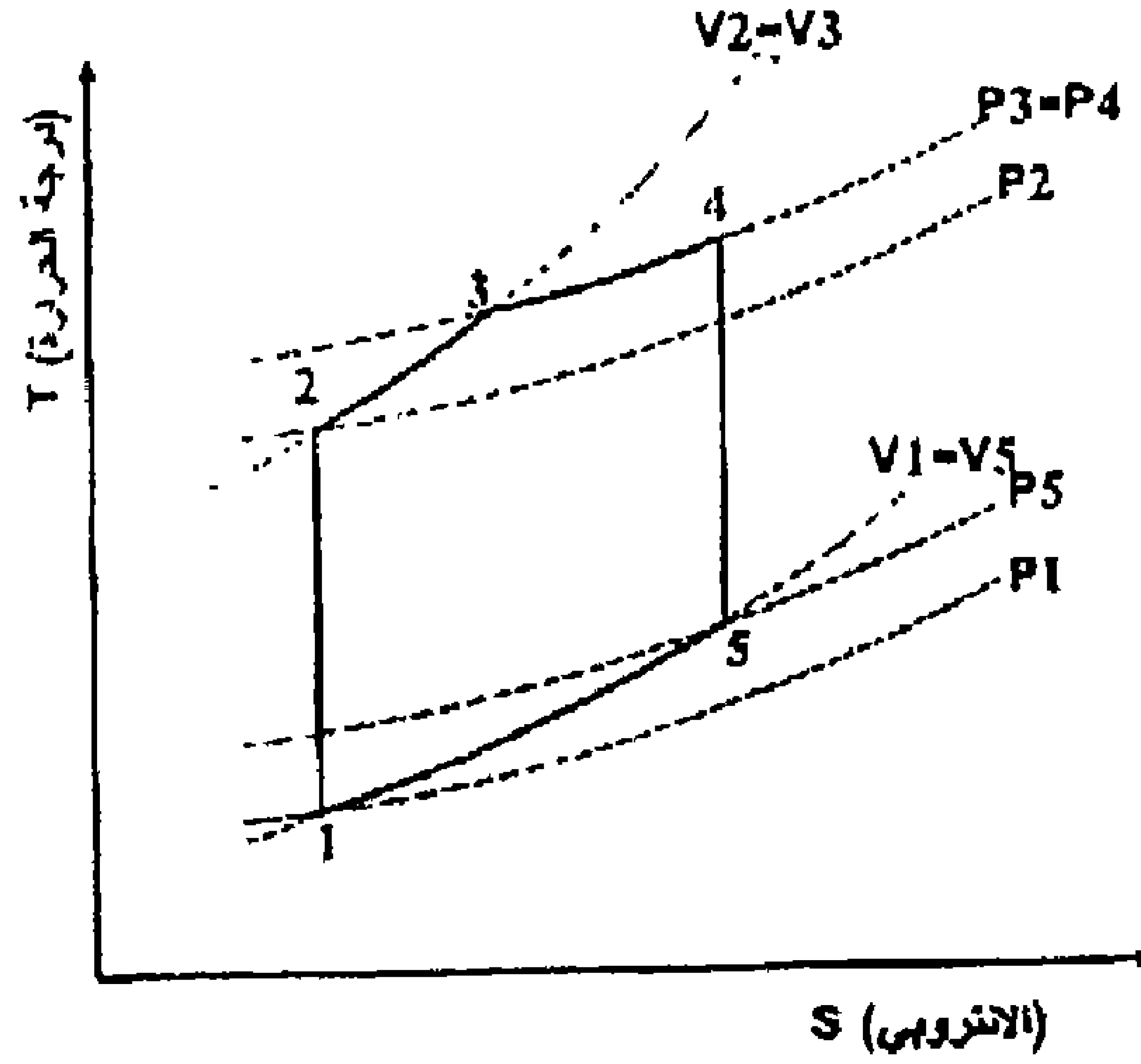
Mixed cycle or Dwel cycle

وتسمى هذة الدورة بالمشتركة وذلك لان الحرارة تضاف خلال مرحلتين حيث المرحلة الاولى يتم اضافة الحرارة عند حجم ثابت والمرحلة الثانية تضاف فيها الحرارة عند ضغط ثابت ولهذا فان هذه الدورة تعتبر قريبة الى الدورة الحقيقة التى تعمل عليها محركات الاحتراق الترددية

والشكل (5-6) يوضح العلاقة بين الضغط والحجم (P-V) والشكل (5-7) يوضح العلاقة بين الانتروبي ودرجة الحرارة بين الانتروبي (T-S) للدورة المختلطة .



الشكل (5-7) العلاقة بين الحجم و الضغط للدورة المختلطة



الشكل (8-5) العلاقة بين الانتروبي ودرجة الحرارة للدورة المختلطة

وتتكون الدورة المختلطة من الإجراءات الآتية:

الآجراء من 1 ←— 2 انضغاط ايسنتروبى طبقا للعلاقة $PV^K = C$

حيث يلاحظ خلال هذا الاجراء ارتفاع الضغط من P_1 الى P_2 وانخفاض الحجم من V_1الى V_2 بينما ترتفع درجة الحراره من T_1 الى T_2 ونظرا لان الانضغاط ايسنتروبى فانة لايوجد انتقال حرارة خلال هذا الاجراء أى لايوجد اضافة او طرد للحرارة وذلك لان الانتروبى ثابت خلال هذا الاجراء اى ان $S_1 = S_2$.

الآجراء من 2 ←— 3 هو اضافة حرارة عند ثبوت الحجم $(V_2 = V_3)$

حيث يتم اضافة الكمية او الجزء الاول من الحرارة Q_{H_1}عند حجم ثابت أى ان $(V_2 = V_3)$ وخلال هذا الاجراء يرتفع الضغط من P_2 الى P_3وكذلك ترتفع درجة الحرارة من T_2 الى T_3 ويرتفع الانتروبى من S_2الى S_3

الآجراء من 3 ←— 4 وهو اجراء اضافة الحرارة عند ضغط ثابت $(P_3 = P_4)$

حيث يتم اضافة الكمية او الجزءالثانى من الحرارة Q_{H_2}عند ضغط ثابت $(P_3 = P_4 = const)$ T بينما يزدا د الحجم من V_3 الى V_4 وترتفع درجة الحرارة من T_3 الى T_4 وكذلك يزداد

الانتروبى من S_3 الى S_4.

الآجراء من 4 ←— 5 وهو تمدد ايسنتروبى طبقا للعلاقة $PV^K = C$

حيث يلاحظ انخفاض الضغط من P_4 الى P_5 خلال هذا الاجراء ويزداد الحجم V_4 الى V_5 وتنخفض درجة الحراه من T_4 الى T_5 ولايحدث انتقال للحرارة خلال هذا الاجراء وذلك لثبات الانتروبى $S_1 = S_2$.

الآجراء من 5 ←— 1 وهو اجراء فقد او طرد للحرارة.

حيث يتم فقد اوطرد الحرارة عند حجم ثابت اى ان $(V_1 = V_5)$ مع حدوث انخفاض فى الضغط من P_5 الى P_1 خلال هذا الاجراء وانخفاض فى درجة الحرارة T_5 الى T_1 وكذ لك حدوث انخفاض فى الانتروبى من S_5 الى S_1.

ايجاد الكفاءه الحرارية للدورة المختلطة:

$$\zeta_{th(dwel)} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$\because Q_H = Q_{H_1} + Q_{H_2} = c_v(T_3 - T_2) + c_P(T_4 - T_3)$$

$$, Q_L = c_v(T_5 - T_1) \qquad \therefore \zeta_{(DWEL)} = 1 - \frac{c_v(T_5 - T_1)}{c_v(T_3 - T_2) + c_P(T_4 - T_3)}$$

$$\therefore \zeta_{(dwel)} = 1 - \frac{T_1\left(\frac{T_5}{T_1} - 1\right)}{T_2\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right) + KT_3\left(\frac{T_4}{T_3} - 1\right)} = 1 - \left(\frac{T_1}{T_2}\right)\frac{\left(\frac{T_5}{T_1} - 1\right)}{\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right) + K\frac{T_3}{T_2}\left(\frac{T_4}{T_3} - 1\right)}$$

حيث K هى نسبة ثابت الحراره النوعية.

C_P هى ثابت الحراره النوعية عند ضغط ثابت.

C_V هى ثابت الحراره النوعية عند حجم ثابت.

$r_{comp.} = \frac{V_1}{V_2}$ هى نسبة الانضغاط

وبفرض ان نسبة الانضغاط α هى نسبة الضغط عند اضافة الحراره تحت حجم ثابت تكون فى صورة العلاقة $\alpha = \frac{P_3}{P_2}$

وبفرض ان Φ هى نسبة قطع اضافة الحراره تحت ضغط ثابت يعبر عنها بالعلاقة

$$\Phi = \frac{V_4}{V_3}$$

ويمكن استخدام العلاقات الاتية من علم الثرموديناميكا:-

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{K-1} = \frac{1}{r_{comp}^{K-1}} \quad , \quad \frac{T_3}{T_2} = \frac{P_3}{P_2} = \alpha$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \frac{V_4}{V_3} = \phi$$

$$\because \frac{T_5}{T_1} = \frac{T_5}{T_4} \times \frac{T_4}{T_3} \times \frac{T_3}{T_2} \times \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_5}{T_4} \times \phi \times \alpha \times r_{comp}^{K-1}$$

$$\therefore \frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_5}\right)^{K-1} = \left(\frac{V_4}{V_3} \times \frac{V_3}{V_5}\right)^{K-1} = \left(\phi \times \frac{V_3}{V_5}\right)^{K-1}$$

$$\therefore \frac{T_5}{T_4} = \frac{\phi^{K-1}}{r_{comp}^{K-1}} \quad , \because \frac{T_5}{T_1} = \frac{T_5}{T_4} \times \phi \times \alpha \times r_{comp}^{K-1}$$

$$= \frac{\phi^{K-1}}{r_{comp}^{K-1}} \times \phi \times \alpha \times r_{comp}^{K-1} = \phi^K \times \alpha$$

وبالتالى يمكن تعيين الكفاءه الحرارية لدورة دويل من العلاقة الاتية:

$$\zeta_{th(dwel)} = 1 - \frac{1}{r_{comp}^{K-1}} \left[\frac{(\phi^K \times \alpha) - 1}{(\alpha - 1) + K\alpha(\phi - 1)} \right]$$

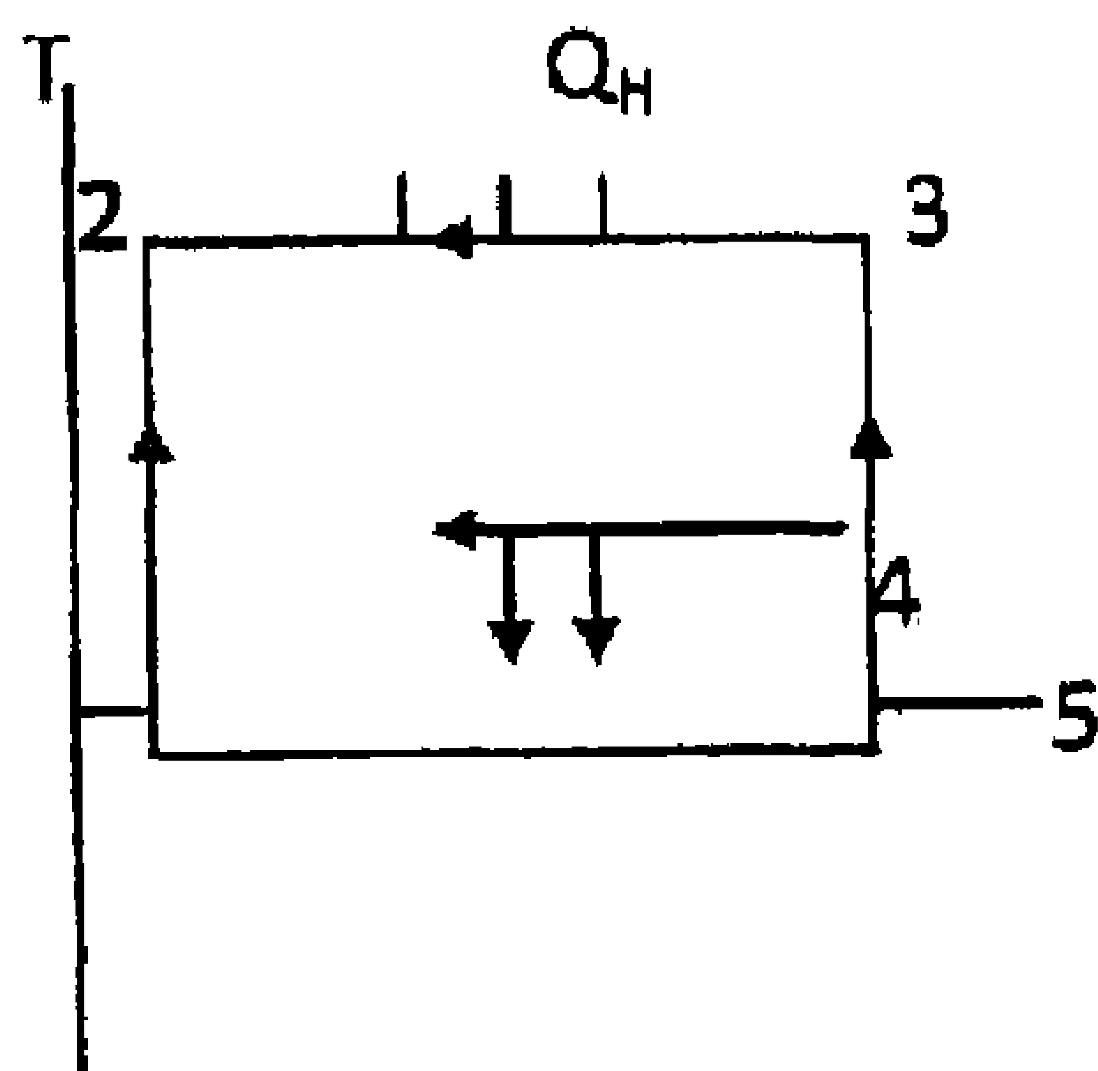
مسائل محلولة

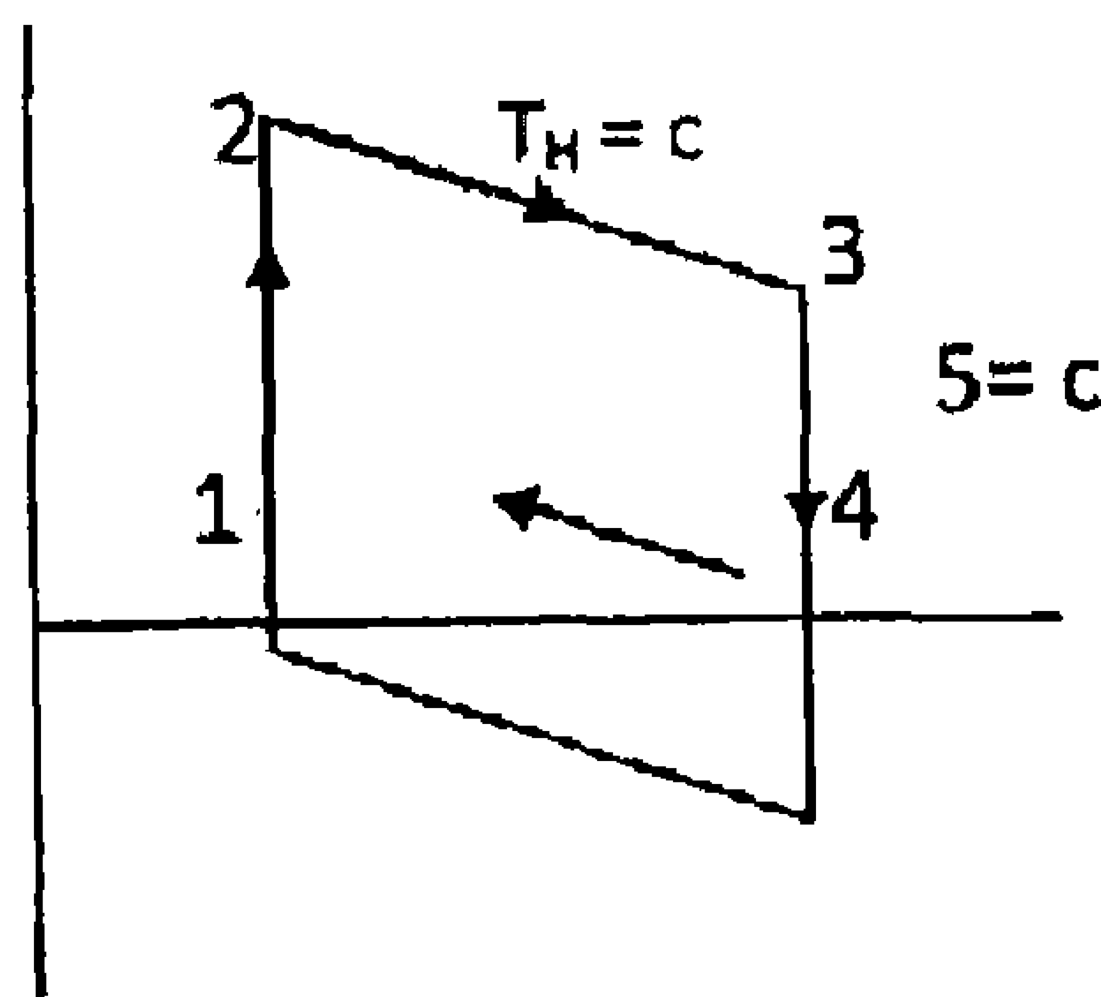
SOLVED PROPLES

1-A car not engine uses nitrogen an the working fluid If the heat supplied is 53 kg , the adiabatic expansion ratio 16: 1 and the low temperature receiver in at 295 k . Determine the thermal efficiency, the heat rejected and the cycle work.

1- محرك كار نوت يستخدم غاز النيتروجين كمائع تشغيل إذا كانـت الحـرارة المضافة 53 كيلو جول ، نسبة التمدد الاديباتيكي 16:1 ودرجة حرارة خـزان الحرارة المنخفضة 295 كليفن. أوجد الكفاءة الحرارية والحرارة المطـرودة وشغل الدورة .

الحل :-





من الإجراء (1-2) عند ثبات الانتروبي

$$\therefore \left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{K-1}$$

$\therefore T_1 = 295$ k , $K = 1.4$

$$\therefore \frac{T_2}{295} = \left(\frac{16}{1}\right)^{1.4-1}$$

$$\therefore T_2 = (16)^{0.4} \times 295 = 894.27\ K^{o}.$$

$$\therefore \xi_c = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{295}{894.27} = 0.67 = 67\%.$$

$\because Q_H = 53$ KJ, $\xi_c = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$.

$\therefore 0.67 = 1 - \frac{Q_L}{53}$.

$\therefore Q_L = 53 - 0.67 \times 53 = 17.49$ KJ.

$\because Q_H = w + Q_L$.

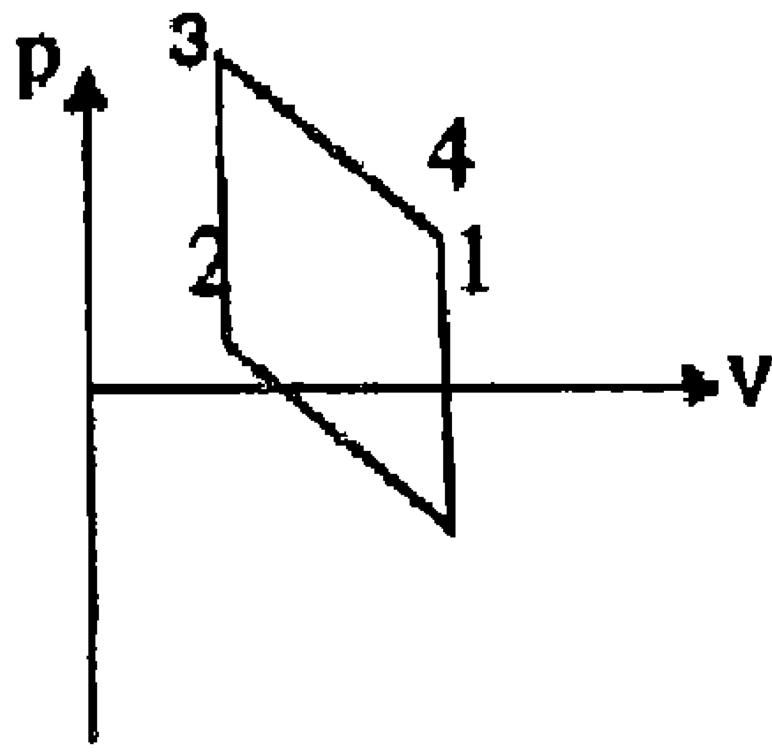
$\therefore w + Q_L$.

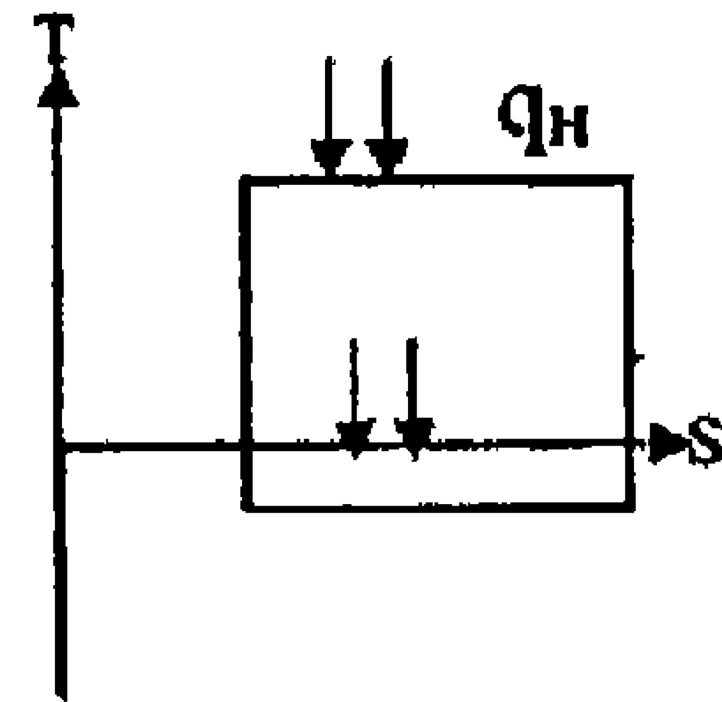
$\therefore w = Q_H - Q_L = 53 - 17.49 = 35.51$ kJ.

2- For a car not engine ,if the working Fluid is 0.05 Kg of air the maximum cycle temperature is 940 k, the minimum temperature 300 K, the maximum pressure 8.4 MPa and the heat added per cycle 4.2 KJ Determine the cylinder Volume.

2- لمحرك كار نوت إذا كانت الكتلة الشغالة 0.05 كيلو جرام من الهـواء أعلـى درجة حرارة في الدورة 940 كلفن أقل درجة حـرارة 3000 كيلفـر أعلـى ضغط 8.4 ميجا باسكال والحرارة المضافة لكل دورة 4.2 كيلو جول. أوجـد حجم الأسطوانة ؟

الحل :-





$\because P_2 V_2 = M R T_2$ where $P_2 = 8400 \frac{KN}{M^2}$.

m = 0.05 KJ/ kg.K. $T_2 = 940$ K^c.

For air R = 0.287 $\frac{KJ}{Kg}$.

$\therefore 8400 V_2 = 0.05 \times 0.287 \times 940$.

$\therefore V_2 = 0.00161\ m^3.$

$\therefore Q_H = Q_{23} = P_2 V_2 L_n \left(\frac{P2}{P3} \right) = 4.2\ KJ.$

$\therefore P_3 = 61257.5\ KN/m^2.$

ومن العملية 34 مع ثبات الانتروبيا نجد أن :

$$\left(\frac{T_3}{T_4}\right) = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$\therefore P_4 = 113.08\ KN/m^2.$

$\because P_4 V_4 = M R T_4.$

$\therefore V_4 =$ 0.038 = حجم الاسطوانة m^3.

3- A Car not engine operates between the temperatures 1000 K^c and 300 K^c , at 2000 r p m and develops 200 KW. If the mean effective pressure is 300 k p a. Determine the cycle efficiency heat added and the engine displacement.

3- يعمل محرك كارنوت بين درجتي الحرارة200 KW وينتج 2000 r.p.mعند 300 ^{c}K0 100^{c}K

إذا كان الضغط المؤثر المتوسط 300 كيلو باسكال. أوجد كفاءة الدورة والحرارة المضافة وإزاحة المحرك ؟

الحل :-

$\because \xi_c = \left(1 - \frac{T_L}{T_H}\right).$

Where $T_H = 1000\ K^c$, $T_L = 300\ K^c$.

$\therefore \xi_c = 1 - \frac{300}{1000} = 0.7$

وحيث إن q = 200 KW *فإنه* يمكن تعيين *كمية* الحرارة المضافة كما يلي :-

$\because \xi_c = \left(1 - \frac{Q_L}{Q_H}\right).$

$\therefore 0.7 = 1 - \frac{200}{Q_H}$ $\qquad \therefore Q_H (0.7) = Q_H - 200$

$\therefore 0.3\ Q_H = 200.$

$\therefore Q_H = \frac{200}{0.3}$

$\therefore P_m = \frac{\varepsilon W}{V_s}$ $\therefore \varepsilon w = P_m \times V_s$

$\therefore \varepsilon w = 200 \times 60(\frac{1}{2000}) = 6$ KJ/kgcle.

$\therefore P_m = 300\ KN/m^2.$

$\therefore V_s =$ حجم الازاحة $= 0.02\ m^3.$

4- In an air standard Ericsson cycle :the maximum pressure is 40 bar and the minimum pressure 2 bar JF the heat supplied is 1250 $KJ/_{kg}$ and the minimum tonperatuse is 21 c˚ Determine the cycle work , the heat rejected ,the heat stored in the regenerator and the entropy change , during the heat addition process.

4- في دورة اريكسون الهوائية القياسية : أعلى ضغط 40 بار وأقل ضغط 2 بـــار إذا كانت الحرارة المضافة 1250 كيلو جول لكل جرام وأقل درجة حرارة21c˚. أوجد شغل الدورة ، والحرارة المطرودة والحرارة المختزنة فـــي المـــسترجع الحراري وتغير الانتروبيا خلال عملية إضافة الحرارة.

الحل :-

$\therefore Q_a = Q_H = Q_{12} = m\ R\ T_H\ L_n\ (\frac{P_1}{P_2}).$

وحيث أن $P_2 = 2\ KN/m^2,\quad P_1 = 40\ KN/m^2$

$Q_a = 1250$ KJ/kg.

وللهواء $R = 0.287\ \frac{KJ}{kg.k}$

$\therefore T_H = 1453.87$ K.

$\xi_E = (1 - \frac{P_L}{P_H}).$

وحيث إن $T_L = (21 + 173) = 294$ K

$\xi_E = 0.80.$

وبالتعويض في المعادلة : $\xi_E = \dfrac{\varepsilon w}{Q_a}$

$\therefore \varepsilon w =$ شغل الدورة $= 997.25 \dfrac{KJ}{kg}$.

وحيث أن $Q_a = (\varepsilon\, W + Q_R)$

$\therefore Q_R = m\, c_p\, (T_H - T_L)$.

وحيث ان للهواء $C_p = 1.005 \dfrac{KJ}{kg}$.

$\therefore Q_{reg} =$ الحرارة المختزنة في المبادل الحراري $= 1165.67 \dfrac{KJ}{kg}$.

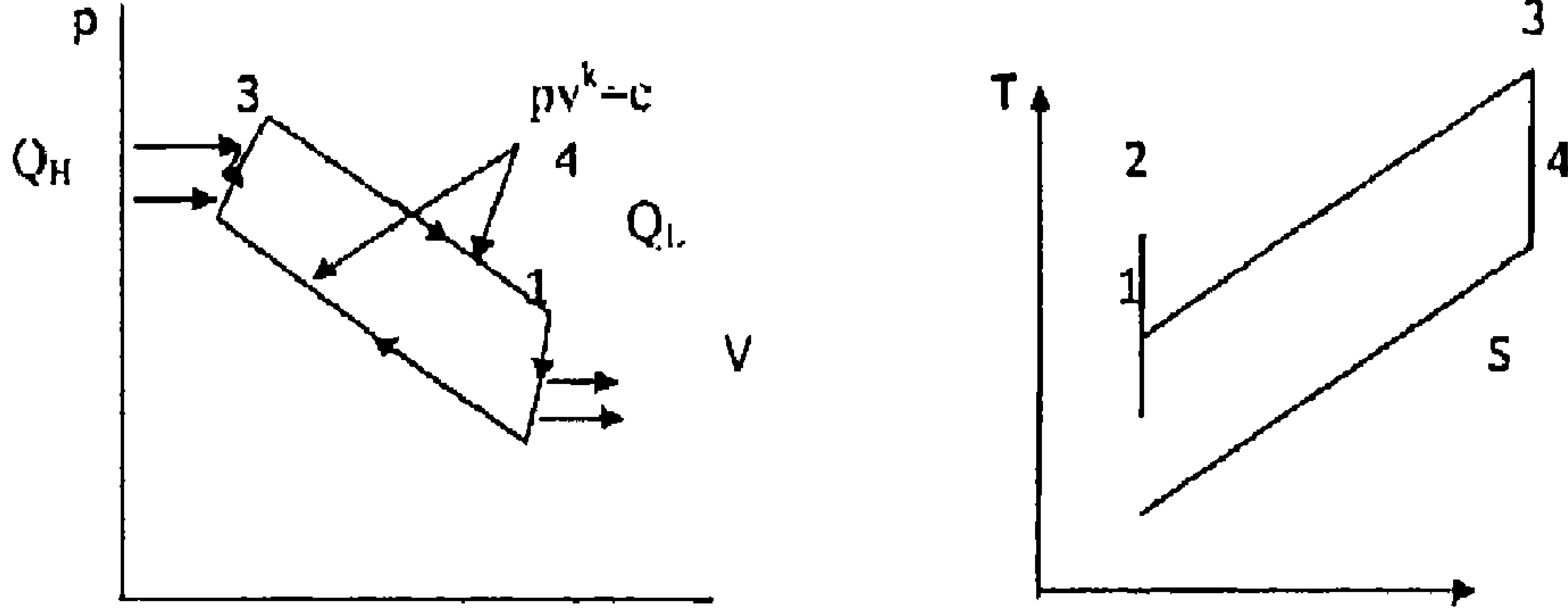
وحيث أن $Q_a = T_H . \Delta S_{12}$

$\therefore \Delta S_{12} =$ تغير الانتروبيا في عملية إضافة الحرارة $= 0.86 \dfrac{KJ}{kg.k}$.

5- An air standard Otto cycle uses 0.1 kg air and has 17% clearance ratio. If the intake conditions are 10 N/cm^2 and 32c° and the energy release during combustion is 400 KJ/kg Determine the compression ratio, the display cument volume, the work, the thermal efficiency and the mean effective pressure.

5- تستخدم دورة أوتو الهوائية القياسية أو كيلو جرام من الهواء ولها نسبة خلو من17 %. إذا كانت حالة الدخول 10 نيوتن لكل سنتيمتر مربع ، 32 م° والطاقة المحررة (المطرودة) خلال الاحتراق 400 كيلو جرام لكل كيلو جرام. أوجد النسبة الانضغاط ، حجم الإزاحة ، الشغل ، الكفاءة الحرارية والضغط المتوسط الفعال ؟

الحل :-



$$\frac{V_c}{V_s} = \frac{V_{clearnce}}{V_{strok}} = \frac{V_2}{V_{c1} - V_2} = 0.17.$$

ويمكن إيجاد نسبة الانضغاط كما يلي :-

$$\frac{V_2}{V_{c1} - V_2} = \frac{17}{100} \qquad \therefore 100\ V_2 = 17\ V_1 - 17\ V_2.$$

$$\therefore 117\ V_2 = 17\ V_1. \qquad \therefore r_{coop} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{117}{17} = 6.9.$$

$\therefore P_1 V_1 = m\ R\ T_1.$

Where $P_1 = 100\ KN/m^2$, $T_1 = 32 + 273 = 305\ K.$

$R = 0.287\ KJ/kg.k.$, $m = 0.1\ kg.$

$100\ V_1 = 0.1(0.287)\ (305).$

$\therefore V_1 = 0.0875.$

$$\therefore V_2 = \frac{17\ V_2}{117} = \frac{17\ (0.0875)}{117} = 0.0127\ m^2.$$

$\therefore V_s =$ حجم الازاحة $= V^1 - V^2.$

$= 0.0875 - 0.0127 = 0.0748\ m^3.$

$$\xi_{otto} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \quad , \quad k = 1.4$$

الكفاءة الحرارة $= \xi_{otto} = 1 - \frac{1}{(6.9)^{0.4}} = 0.538$

$$\xi_{otto} = \frac{\varepsilon w}{Q_a}$$

وحيث إن :

$\therefore Q_a = 400$ KJ/kg.

$\therefore \varepsilon w =$ شغل الدورة $= 215.08$ KJ/kg.

$P_m =$ الضغط المتوسط الفعال $= \frac{\varepsilon w}{V_S} = \frac{\varepsilon w}{V_1 - V_2}$

$$\therefore P_m = \frac{215.08}{0.0748} = 2875.4 \text{ KN/m}^2.$$

6- A diesel engine operates on the theoretical combined heat addition cycle (dual combustion cycle).The engine has a compression ratio of 20 and heat added of the working medium for the cycle is 1760 $\frac{KJ}{kg}$. The amount of heat added at constant volume is 20% of the total amount of heat added and the pressure and temperature at the beginning of compression process are 100 kpa and 30c˚. Calculate for the theoretical cycle:

(a)- Maximum pressure and temperature.
(b)- Thermal efficiency.
(c)- Mean pressure of the cycle.

For air K= 1.4 and C_V = 0.717 k cal/kg.c˚.

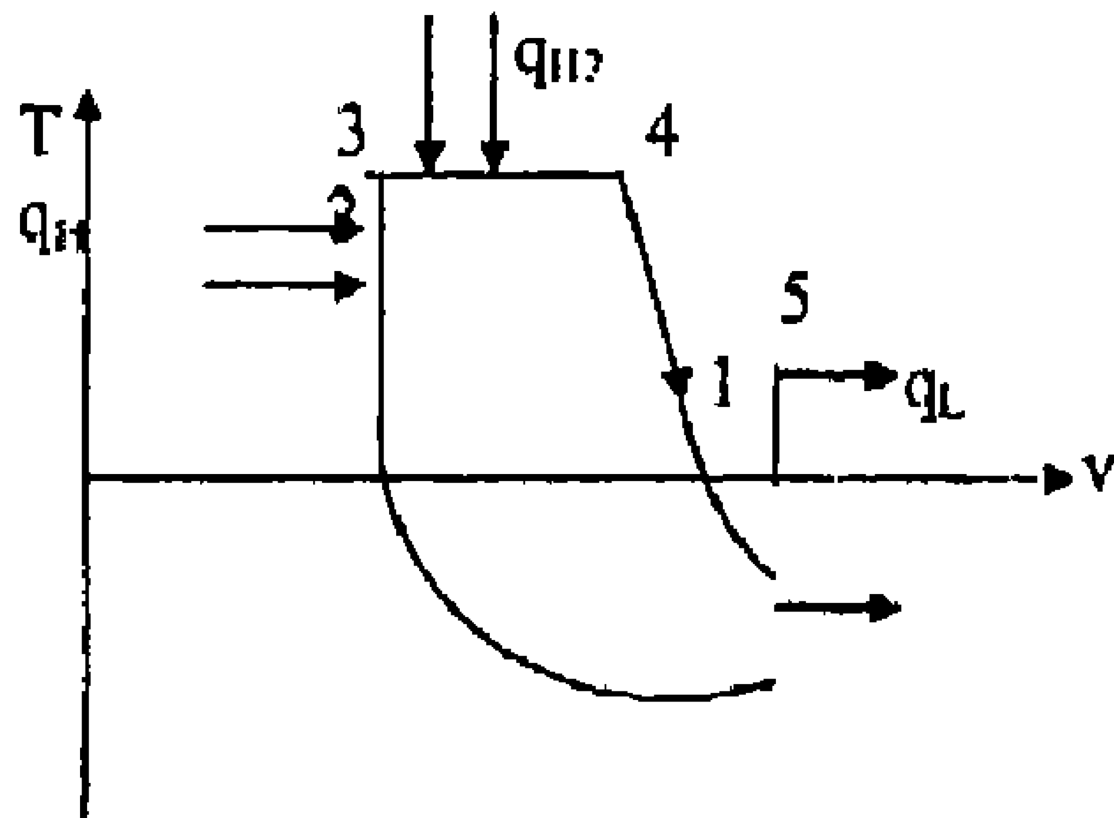
6- محرك ديزل يعمل طبقًا للدورة المشتركة (دورة دويـل) أي دورة إضافة الحرارة المركبة (عند ثبوت الحجم وثبوت الضغط)، نسبة الانضغاط للمحرك 1:20 والحرارة الكلية المضافة للمادة العاملة بالدورة $\frac{KJ}{kg}$ 1760 ، كمية االحرارة المضافة عند ثبوت الحجم 20% من كمية الحرارة الكلية المضافة والضغط ودرجة الحرارة عند بداية الانضغاط 100 kpa , 30c˚ على التوالي. احسب :

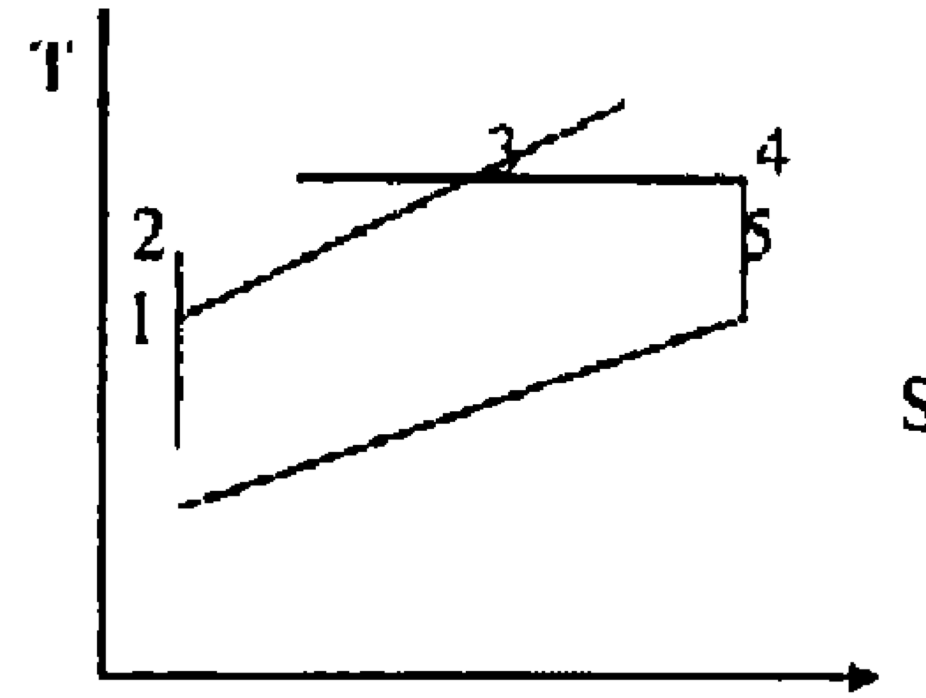
(أ)- أقصى ضغط ودرجة حرارة.

(ب)- الكفاءة أو الجودة الحرارية.

(ج)- الضغط المتوسط للدورة.

علمًا بأن الهواء C_V = 0.717 k cal/kg.c˚, K= 1.4





الحل :-

For process 1-2

$T_1 = 30 + 273 = 303\ K^o$, $P_1 = 100$ kpa.

$$\frac{T_1}{T_2} = (\frac{V_2}{V_1})^{k-1} = (\frac{1}{20})^{1.4-1} = (\frac{1}{20})^{0.4} = 0.3017.$$

$$\therefore T_2 = \frac{T_1}{0.3017} = \frac{303}{0.3017} = 1004.3\ K.$$

$q_{H1} = c_v (T_3 - T_2) = 0.717 (T_3 - 1004.3).$

$\because q_{H1} = 0.2\ q_{H\ total} = 0.2 \times 1760 = 352 \frac{KJ}{kg}.$

حيث q_{H1} هي كمية الحرارة المضافة عند ثبوت الجسم.

$q_{H2} = q_{H\ total} - q_H = 1\ 1760 - 352 = 1408 \frac{KJ}{kg}.$

$\because q_{H1} = 0.717 (T_3 - 1004.3) = 352.$

$\therefore T_3 = 1495.2\ K.$

$\because q_{H2} = c_p (T_4 - T_1)$ $\therefore 1408 = c_p (T_4 - 303).$

حيث $c_p = K * c_v = 1.4 * 0.717 = 1.005$

$1.005 = 1408(T_4 - 303).$

$\therefore T_4 = 2896.19\ K = T_{max}.$

$\therefore$ أقصى درجة حرارة بالدورة هي T_4.

For process 2-3 where V = const.

$$\frac{P_2}{P_1} = (\frac{V_1}{V_2})^k = (\frac{20}{1})^{1.4}$$

$\therefore P_2 = 100\ (20)^{1.4} = 6628.9$ kpa.

$\because \frac{P_3}{P_2} = \frac{T_2}{T_1}$ $\therefore P_3 = P_2\ (\frac{T_3}{T_2})$.

$\therefore P_3 = 6628.9\ (\frac{1495.2}{1004.3}) = 9869.1$ kpa.

$\because P_3 = P_4$ $\therefore P_4 = 9869.1$ kpa.

∴ أقصى ضغط بالدورة هو P_4.

$$\because \xi_{th} = \frac{W.D}{q_{Htotal}} = \frac{q_{Htotal} - q_L}{q_{Htotal}} = 1 - \frac{q_L}{q_{Htotal}}.$$

$\because q_L = c_v\ (T_5 - T_1)$.

For process 5-1 where V = const.

$$\therefore \frac{T_5}{T_4} = (\frac{V_4}{V_5})^{k-1}.$$

$\because V_5 = V_1 = \frac{mRT_1}{P_1}$, $\because \upsilon_5 = \frac{v}{m} = \frac{RT_1}{P_1}$.

$$\therefore \upsilon_5 = \frac{V5}{m} = \frac{RT1}{P_1} = \frac{0.287 * 303}{100} = 0.86961\ \frac{m^3}{kg}.$$

$$V_4 = \frac{RT_4}{P_4} = \frac{0.287 \times 2896.19}{9869.3} = 0.08422 \frac{m^3}{kg}.$$

$$\frac{V_5}{V_4} = \frac{\upsilon_5}{\upsilon_4} = 10.3.$$

$$T_5 = 2896.1\ (\frac{1}{10.3})^{0.4} = 1139.44\ K.$$

$$\therefore q_L = 0.717\ (1139.44 - 303) = 599.7 \simeq 600\ \frac{KJ}{kg}.$$

$$\therefore \xi_{th} = 1 - \frac{q_L}{q_{Htotal}} = 1 - \frac{600}{1760} = 0.659 = 65.9\%.$$

ويمكن ايجاد الضغط المتوسط الفعال m.e.p البياني كما يلي :

$$(m.e.p)_{in} = \frac{\text{work done}}{V_1 - V_2} = \frac{q_{Htotal} - q_L}{V_1 - V_2}.$$

$$\therefore \text{Work done} = 1760 - 600 = 1160 \ \frac{KJ}{kg}.$$

$$\therefore V_1 - V_2 = V_1 \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) = V_1 \left(1 - \frac{1}{r_{comp}}\right).$$

$$= V_1 \left[\frac{r_{comp} - 1}{r_{comp}}\right].$$

$$\therefore P_1 - V_1 = R\,T_1. \qquad \therefore V_1 = \frac{R\,T_1}{P_1}.$$

$$\therefore V_1 = \frac{0.287 \times 303}{100} = 0.8423.$$

$$\therefore V_1 - V_2 = V_1 \left[\frac{r_{comp} - 1}{r_{comp}}\right] = 0.8423 \left(\frac{20-1}{20}\right).$$

$V_1 - V_2 = 16.846.$

$\therefore (m.e.p)_{indicated}$ = Indicated mean effective pressure.

$$= \frac{W.D}{V_1 - V_2} = \frac{1160}{16.846} = 68.859 \text{ kpa}.$$

7- In the last example (1) the total heat added is reduced by 50% (due to change in load) ,the same. What will be the thermal efficiency and the mean effective pressure of the cycle? Other conditions of the cycle remain the same.

7- في المثال السابق (1) إذا انخفضت الحرارة الكلية المضافة علي 50% (نتيجة تغيير الحمل) ،الحرارة المضافة عند حجم ثابت بقيت كما هي. أوجد الكفاءة الحرارية والضغط البياني للدورة ، مع اعتبار أن الظروف الأخرى للدورة بقيت كما هي بالمثال السابق.

الحل :-

من المثال السابق نجد أن نسبة الضغط Pressure ratio :

r_{pr} = pressure ratio = $\frac{P3}{P2} = \frac{9869.1}{6628.9} = 1.49.$

$q_{H2} = 0.5\, q_{Htotal} - q_{H2} = 0.5\,(1760) - 952 = 528\, \frac{KJ}{kg}.$

$\because q_{H2} = c_p (T_4 - T_3)$

$\therefore 528 = 1.005\,(T_4 - 1495.2).$

$T_4 = \frac{528}{1.005} + 1495.2 = 2020.6\ K^o.$

وبالتالي يمكن ايجاد نسبة القطع للضغط r cut.

r_{cut} = cut of ratio = $\frac{T_4}{T_3} = \frac{V_4}{V_3}.$

$r_{cut} = \frac{T_4}{T_3} = \frac{2020.6}{1495.2} = 1.35.$

$\because \xi_{th} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = \frac{(\frac{T_5}{T_1} - 1)}{(\frac{T_3}{T_2} - 1) + k\frac{T_3}{T_2}(\frac{T_4}{T_3} - 1)}.$

$\because \frac{T_1}{T_2} = (\frac{V_2}{V_1})^{k-1} - \frac{1}{r_{comp}\, k - 1}.$

$r_{pr}\ \frac{T_3}{T_2} = \frac{P_3}{P_2}$ ⟵⟶ pressure ratio نسبة الضغط

$r_{cut} = \frac{T_4}{T_3} = \frac{V_4}{V_3}$ = cut of ratio.

$\because \frac{T_5}{T_1} = \frac{T_5}{T_4} \times \frac{T_4}{T_3} \times \frac{T_3}{T_2} \times \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_5}{T_4} \times r_{cut} \times r_{pr} \times r_{comp}\, k - 1.$

$\because \frac{T_5}{T_4} = (\frac{V_4}{V_3})^{k-1} = (\frac{V_4}{V_3} \times \frac{V_3}{V_5})^{k-1} = (r_{cut} \times \frac{V_2}{V_1})^{k-1}.$

$= (r_{cut} \times \frac{1}{r_{comp}})^{k-1}.$

$$\therefore \frac{T_5}{T_4} = \frac{r_{cut}^{\ k-1}}{r_{comp}^{\ k-1}} = \left(\frac{r_{cut}}{r_{comp}}\right)^{k-1}.$$

$$\therefore \xi_{th} = 1 - \frac{1}{r_{comp}^{\ k-1}}\left[\frac{\frac{r_{cut}^{\ k-1}}{r_{comp}^{\ k-1}} \times r_{cut} \times r_{pr} \times r_{comp}^{\ k-1} - 1}{(r_{pr}-1)+K(r_{pr})(r_{cut}-1)}\right]$$

$$= 1 - \frac{1}{r_{comp}^{\ k-1}}\left[\frac{r_{cut}^{\ k} \times r_{pr} - 1}{(r_{pr}-1)+K(r_{pr})(r_{cut}-1)}\right]$$

$\because r_{pr} = 1.49$, $r_{cut} = 1.35$, $r_{comp} = 20.$

$$\therefore \xi_{th} = 1 - \frac{1}{(20)^{0.4}}\left[\frac{(1.35)^{1.4} \times 1.49 - 1}{(1.49-1)+1.4(1.49)\,(1.35-1)}\right].$$

$$\therefore \xi_{th} = 1 - \frac{1}{(20)^{0.4}}\left[\frac{1.522 \times 1.94 - 1}{(0.49) + 0.73}\right].$$

$$= 1 - \frac{1\,(2.27-1)}{3.31\,(1.22)} = 1 - \frac{1.27}{4.038}.$$

$$\therefore \xi_{th} = 1 - 0.315 = 0.685 = 68.5\%.$$

ويمكن تعيين الضغط المتوسط البياني الفعال كما يلي :-

$$(m.e.p)_i = \frac{r_{comp}^{\ k} \times \xi_{th} \times P_1}{(k-1)\,(r_{comp}-1)}\left[(r_{pr}-1) + k\,(r_{pr})\,(r_{cut}-1)\right].$$

$$= \frac{(20)^{1.4} \times 0.685 \times 100}{(0.4)(20-1)}\left[(1.49-1) + 1.4\,(1.49)\,(1.35-1)\right].$$

$$= \frac{(20)^{1.4} \times 0.685 \times 100}{(0.4)(19)}\left[(0.49) + 1.4 \times 1.49 \times 0.35\right].$$

$$= \frac{66.29 \times 0.685 \times 100}{7.6}\left[0.49 + 0.73\right].$$

$$= \frac{4540.86 \times 1.22}{7.6} = 728.93 \text{ kpa}.$$

8- In a theoretical cycle for an internal combustion engine, the pressure and the temperature at the beginning of compression are 1.0 kg/cm^2 ($0.098\frac{MN}{m^2}$)and 50c^o.

The pressure at the end of compression is 40 kg/cm^2 (3.92$\frac{MN}{m^2}$) and the maximum pressure of cycle is 60 kg/cm2 (5.88$\frac{MN}{m^2}$). Heat is added partly at constant volume and partly at constant pressure and the head added at constant pressure is thrice the amount of heat added at constant volume. Heat rejection is at constant volume. Calculate for the cycle:

(a)- Compression ratio.

(b)- cut of ratio.

(c)- Thermal efficiency.

(d)- Mean effective pressure.(1.0 $\frac{kg}{cm^2}$ = 0.098$\frac{MN}{m^2}$).

8- في دورة نظرية لمحرك احتراق داخلي كان الضغط ودرجة الحرارة عند بداية الانضغاط

1.0 $\frac{kg}{cm^2}$ (0.098$\frac{MN}{m^2}$) (50c^o) على الترتيب ، الضغط عند نهاية الانضغاط 40 $\frac{kg}{cm^2}$ (3. 92$\frac{MN}{m^2}$)

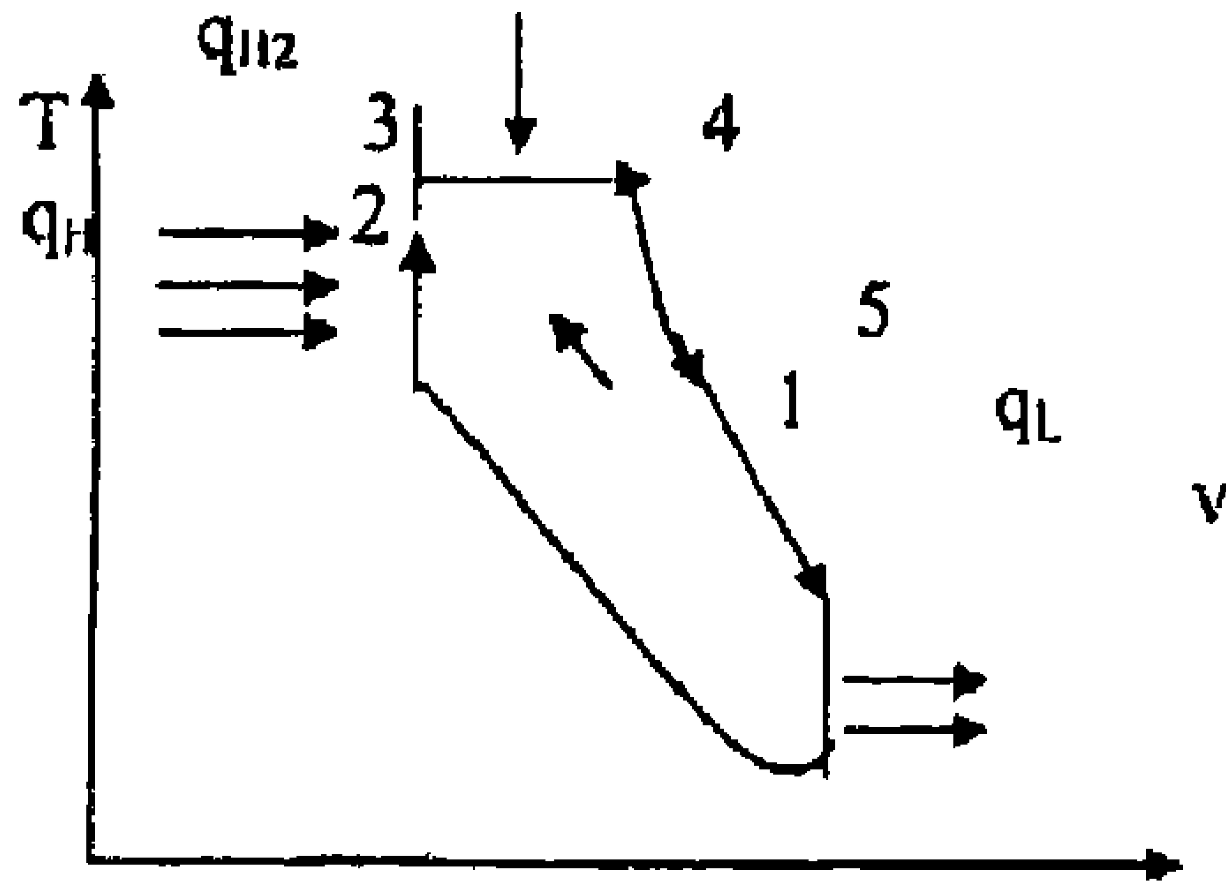
وأقصى ضغط في الدورة 60 $\frac{kg}{cm^2}$. الحرارة تم إضافة جزء منها عند حجم ثابت وجزء عند ضغط ثابت والحرارة المطرودة تكون عند حجم ثابت. احسب لهذه الدورة :

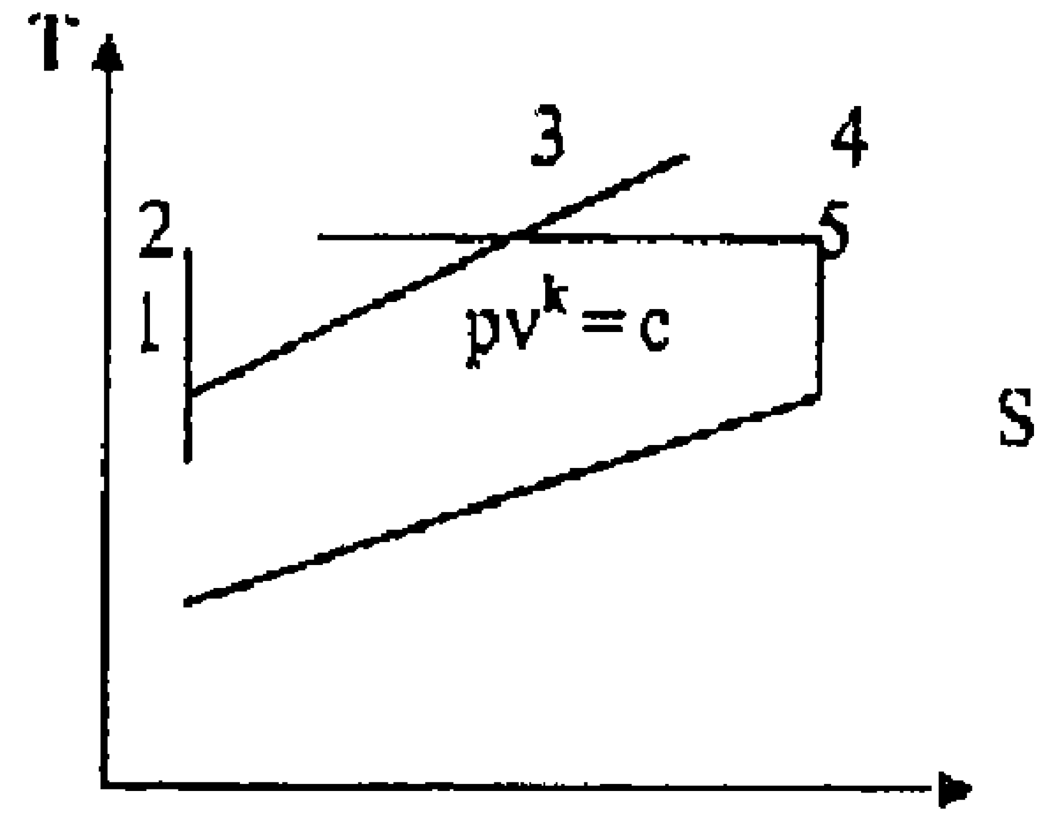
(أ)- نسبة الانضغاط.

(ب)- نسبة القطع أو نسبة الضغط.

(ج)- متوسط الضغط الفعال.

(د)- الكفاءة الحرارية.





$P_1 = 1.0 \dfrac{kg}{cm^2}$, $T_1 = 50 + 273 = 323\ K^o$.

$P_2 = 40 \dfrac{kg}{cm^2}$, $P_{max} = P_3 - P_4 = 60 \dfrac{kg}{cm^2}$.

(أ)- يمكن ايجاد نسبة الانضغاط r_{comp} كما يلي :-

$r_{comp} = \dfrac{V_1}{V_2}$ ∵ ، $(\dfrac{V_1}{V_2})^k = \dfrac{P_2}{P_1}$

$\therefore r_{comp} = \dfrac{V_1}{V_2} = (\dfrac{P_2}{P_1})^{\frac{1}{k}}$.

$\because \dfrac{P_2}{P_1} = \dfrac{40}{1} = 40$.

$\therefore r_{comp} = (\dfrac{V_1}{V_2}) = (\dfrac{P_2}{P_1})^{\frac{1}{k}} = (40) = 14$.

(ب)- يمكن ايجاد نسبة القطع r_{cut} وهي نسبة قطع إضافة الحرارة عند ضغط ثابت.

$r_{cut} = \dfrac{V_4}{V_3}$.

Pressure ratio = $r_{pr} = \dfrac{P_3}{P_2} = \dfrac{60}{40} = 1.5$.

حيث r_{pr} هي نسبة الضغط عند إضافة الحرارة تحت حجم ثابت.

وأيضًا $r_{pr} = \dfrac{P_3}{P_2} = \dfrac{T_3}{T_2}$

..خلال الاجراء 1 ⟵ 2 نجد أن :

$$\because \frac{T_2}{T_1} = (r_{comp})^{k-1}.$$

$$\therefore T_2 = T_1 (r_{comp})^{k-1} = 323\ (14)^{0.4} = 930\ k^{o}.$$

وبالتالي يمكن ايجاد T3 كما يلي :-

$$\because r_{pr} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{P_3}{P_2}. \qquad \therefore T_3 = \frac{60}{40}(930) = 1390\ k^{o}.$$

$$q_{H1} = c_v\,(T_3 - T_2) = 0.717\ (1390 - 930) = 329.82\frac{k_{cal}}{kg}.$$

$$q_{H2} = 3 \times 329.82 = 989.46\frac{k_{cal}}{kg}.$$

$$\because q_{H2} = c_p\,(T_4 - T_3) = 989.46\frac{k_{cal}}{kg}.$$

$$\therefore T_4 = \frac{989.46}{1.005} + 1390 = 2374.54\frac{k_{cal}}{kg}.$$

$$r_{cut} = \text{cut of ratio} = \frac{V_4}{V_3} = \frac{T_4}{T_3} = \frac{2374.54}{1390} = 1.71.$$

$$\because \frac{T_5}{T_4} = (\frac{V_4}{V_5})^{k-1}. \qquad \therefore T_5 = T_4\,(\frac{r_{cut}}{r_{comp}})^{k-1} = 2374.54\,(\frac{1.71}{14})^{0.4}.$$

$$\therefore T_5 = 2374.54 + 0.43 = 1024.1\ k^{o}.$$

ويمكن ايجاد الكفاءة الحرارية كما يلي :

$$\xi_{th} = \frac{q_H - q_L}{q_H} = 1 - \frac{q_L}{q_H} = 1 - \frac{q_L}{q_{H1} + q_{H2}}.$$

$$\xi_{th} = 1 - \frac{c_v\,(T_5 - T_1)}{329.8 + 989.46} = 1 - \frac{0.717\,(1024.1 - 323)}{1319.26}.$$

$$\xi_{th} = 1 - \frac{502.69}{1319.26} = 1 - 0.38 = 0.619\%.$$

ويمكن ايجاد ⟵ متوسط الضغط البياني الفعال $\simeq$ $(m.e.p)_{ind}$

$$(m.e.p)_{ind} = \frac{r_{comp}{}^{k} \times \xi_{th} \times P_1}{(k-1)(r_{comp} - 1)}\,[(r_{pr} - 1) + k\,(r_{pr})\,(r_{cut} - 1)].$$

$$(m.e.p)_{ind} = \frac{(14)^{1.4} \times 0.619 \times 1}{0.4 \times 13}[(1.5-1) + 1.4(1.5)(1.7-1)].$$

$$(m.e.p)_{ind} = 478.9\ (1.99) = 9.533\frac{kg}{cm^2}.$$

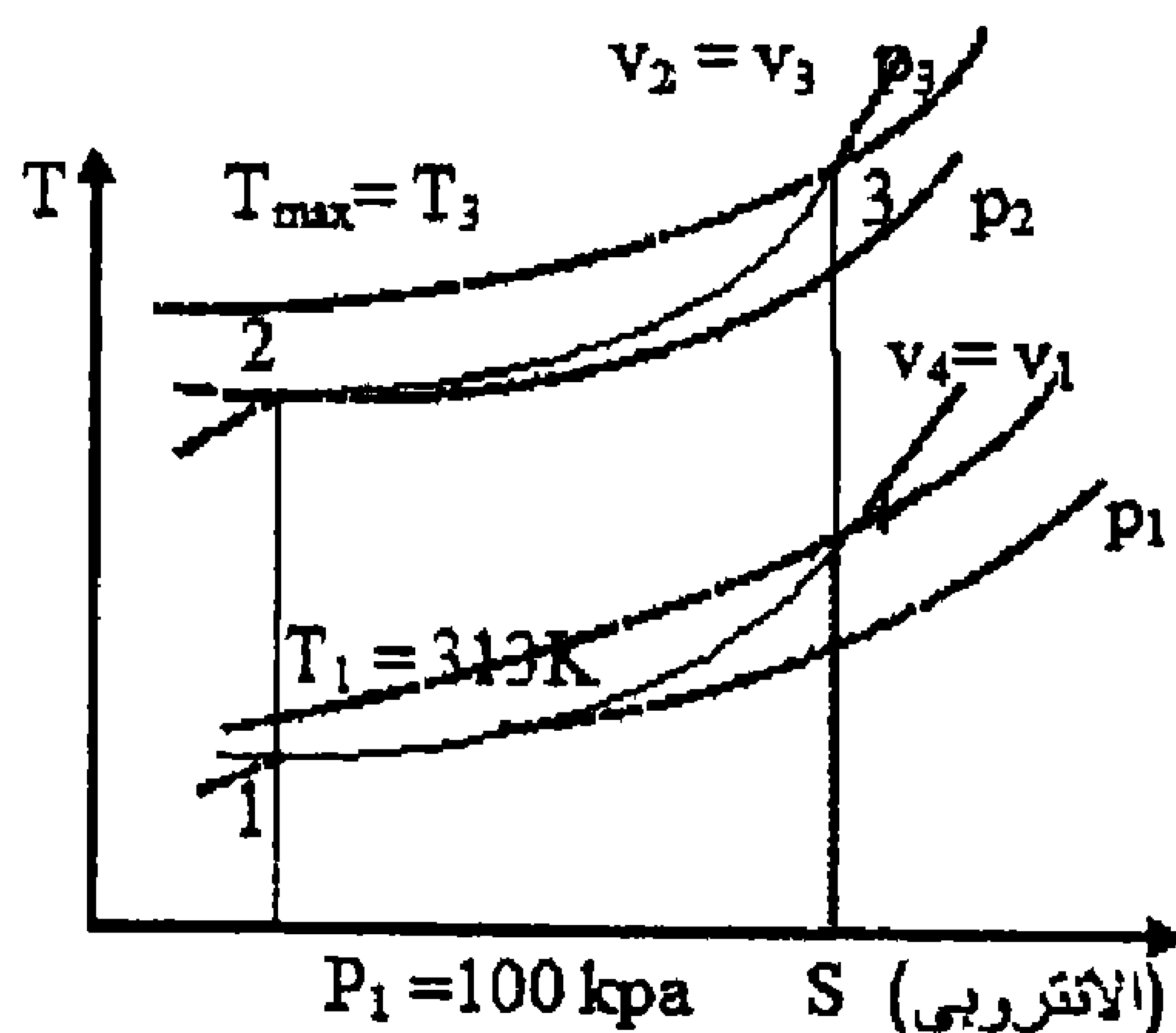
مثال(9) :

يعمل محرك احتراق داخلي حسب دورة أوتو حيث كان الضغط ودرجة الحرارة عند بدء الانضغاط

100 kpa , 40 c ° على التوالي وكانت نسبة الانضغاط 1:8 ، احسب أقصى درجة حرارة في الدورة الكفاءة الحرارية ، الشغل المنجز خلال الدورة إذا كانت الحرارة المعطاة لدورة هي 100 $\frac{kJ}{kg}$

علمًا بأن : $K = 1.4,\ c_v = 0.717\ \frac{kJ}{kg.k}$

الحل :-



$$\therefore Q_H = c_v(T_3 - T_2) = 1000\frac{kJ}{kg} \quad , c_v = 0.717\frac{kJ}{kg}.$$

$$\frac{T_1}{T_2} = (\frac{V_2}{V_1})^{k-1} = (\frac{1}{r})^{k-1} = (\frac{1}{8})^{1.4-1} = 0.4353.$$

$\therefore T_2 = 719.1\ k.$

$\therefore 1000 \frac{kJ}{kg} = 0.171\ (T_3 - 719.1).$

$T_3 = 2113.8\ k = 1840.8\ c^{\circ} = T_{max}.$

$\xi_{th(otto)} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} = 1 - \frac{1}{8^{0.4}} = 0.564 = 56.4\%.$

Work Done = $w_{net} = Q_H - Q_L.$

$= c_v\ (T_3 - T_2) - c_v\ (T_4 - T_1).$

$\therefore \frac{T_3}{T_4} = (\frac{V_4}{V_3})^{k-1} = (8)^{0.4} = 2.2974.$

$T_3 = 2.2974\ T_4.$ $\therefore T_4 = 920.1\ k.$

$w_{net} = 0.717\ (2113.8 - 719.1) - 0.717\ (920.1 - 313)$

$w_{net} = 564.7\ \frac{kJ}{kg}.$

$w_{net} = Q_H\ .\xi_{th} = 1000 + 0.564.$

$\therefore w_{net} = 564\ \frac{kJ}{kg}.$

مثال(10):-

45 يعمل محرك احتراق داخلي طبقًا لدورة ديزل المثالية وكانت نسبة الانضغاط لـــه 1:15 ونسبة التمدد 1:7.5 وكان الضغط ودرجة الحرارة عند بداية الانضغاط 98 kpa , 45 c° على التوالي وكان الضغط . عند نهايـــة التمـــدد 258 kpa احـــسب أقصى درجة حرارة في الدورة والكفاءة الحرارية.

الحل :-

نسبة الانضغاط $(r) = \frac{V_1}{V_2} = \frac{15}{1} = 15.$

نسبة التمدد $(\alpha) = \frac{V_4}{V_3} = \frac{7.5}{1} = 7.5.$

$T_1 = 273 + 45 = 318\ k.$

$P_1 = 98\ kpa\ \ ,\ P_4 = 258\ kpa.$

$\therefore \frac{T_1}{T_2} = (\frac{V_2}{V_1})^{k-1} = (\frac{1}{15})^{0.4} \simeq 0.3385.$

$T_2 = 939.4$ k.

الحل :-

$p_2 = p_3$

درجة الحرارة T

3 $T_3 = T_{max}$?=

2 v1= v2

4 p_1

1 T_1=45 c^o, p_2=98 kpa

$s_1 = s_2$ $s_3 = s_4$ S (الانتروبي)

$\because \frac{T_4}{T_1} = \frac{P_4}{P_1}$ $\therefore T_4 = T_1 (\frac{P_4}{P_1})$.

$\therefore T_4 = 318(\frac{2.58}{98}) = 837.18$ k.

$\frac{T_3}{T_4} = (\frac{V_4}{V_3})^{k-1} = (7.5)^{0.4} = 2.2388.$

$T_3 = 2.2388\ (T_4) = 2.2388 \times 837.18 = 1874.28$ k.

$\xi_{th(Diesel)} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}[\frac{\phi^k - 1}{k(\phi - 1)}].$

$\Phi = \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{1874.28}{939.4} = 1.9952.$

$\therefore \xi_{th} = 1 - (\frac{1}{15^{1.4-1}})[\frac{1.9952^{1.4} - 1}{1.4(1.9952 - 1)}] = 0.6039 = 60.39\%.$

$\xi_{th(Diesel)} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{k\ (T_3 - T_2)} = 0.6033 = 60.33\%.$

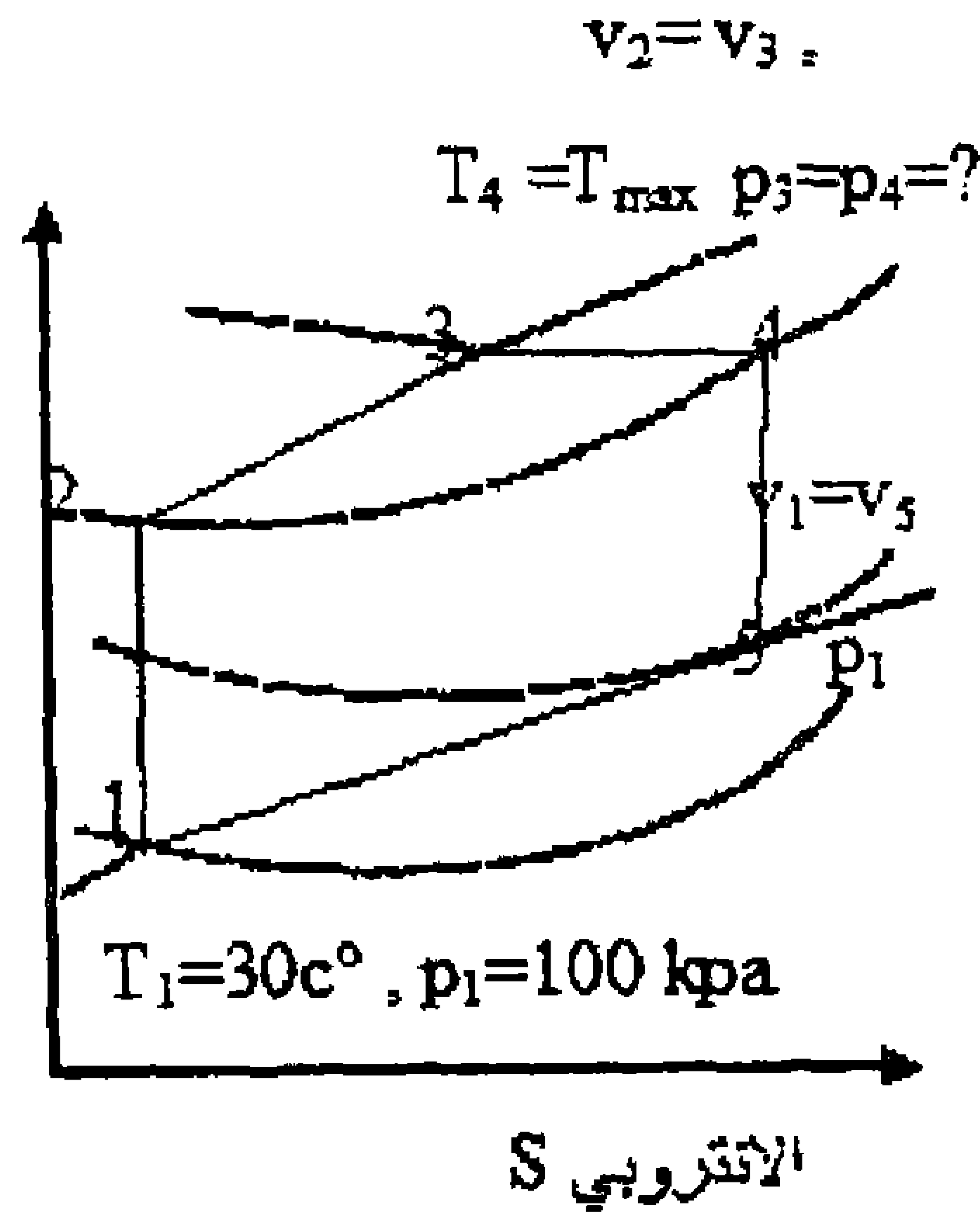
مثال(11) :-

يعمل محرك احتراق داخلي جسب الدورة المختلطة بنسبة انضغاط 1:2 ، كمية الحرارة المعطاة للدورة $1760\ \frac{kJ}{kg}$ وكمية الحرارة المضافة عند ثبوت الحجم 20%

من كمية الحرارة المعطاة ، فإذا كانت درجة الحرارة في بداية الــدورة 30 c0 وكــان الضغط في بداية الدورة أيضًا 100 kpa احسب أقصى درجة حرارة وأقصى ضغط في الدورة الحرارية علمًا بأن :

$$K = 1.4,\ c_v = 0.717\ \frac{kJ}{kg.k}.$$

الحل :-



$$T_1 = 303\ k\ ,\ P_1 = 100\ kpa\ ,\ Q_H = 1760\frac{kJ}{kg}.$$

∴ يمكن ايجاد كمية الحرارة المضافة عند ثبوت الحجم من العلاقة :

$$q_{H1} = q_H \times 0.2 = 352\frac{kJ}{kg}.$$

كمية الحرارة المضافة عند ثبوت الضغط يمكن ايجادها من العلاقة :-

$$q_{H2} = q_H - q_{H1} = 1760 - 352 = 1408\frac{kJ}{kg}.$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} = \left(\frac{1}{20}\right)^{0.4} = 0.3017.$$

$T_2 = 1004.279$ k.

$q_{H1} = c_v (T_3 - T_2) = 0.717 (T_3 - 1004.279) = 352 \frac{kJ}{kg}$.

$\therefore T_3 = 1495.2$ k.

$q_{H2} = c_p (T_4 - T_3) = 1408 \frac{kJ}{kg}$.

$1.005 = (T_4 - 1495.2) = 1408 \frac{kJ}{kg}$.

$\therefore T_4 = 2896.19$ k.

$\because \frac{P_2}{P_1} = (\frac{V_1}{V_2})^k = (20)^{1.4}$.

$\therefore P_2 = (20)^{1.4} \times P_1 = (20)^{1.4} (100) = 6628.9$ kpa.

$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2}$ $\therefore P_3 = P_2 (\frac{T_3}{T_2}) = 9869.3$ kpa.

$\therefore P_{max} = p_3 = p_4$.

$\therefore P_4 = 9869.3$ kpa.

$\because \xi_{th(mixed)} = 1 - \frac{q_L}{q_H}$ $\because q_H = 1760 \frac{KJ}{kg}$.

$\therefore q_L = c_v (T_5 - T_1)$, $\frac{T_5}{T_4} = (\frac{V_4}{V_5})^{k-1}$.

$\because V_5 = V_1 = \frac{m\, R\, T_1}{P_1}$.

$\therefore V_5 = \frac{V_5}{m} = \frac{R\, T_1}{P_1} = \frac{0.287 \times 303}{100} = 0.86961 \frac{m^3}{kg}$.

$V_4 = \frac{R\, T_4}{P_4} = \frac{0.287 \times 2896.19}{9869.3} = 0.08422 \frac{m^3}{kg}$.

$\frac{V_5}{V_4} = \frac{\upsilon_5}{\upsilon_4} = 10.3$.

$T_5 = 2896.1 (\frac{1}{10.3})^{0.4} = 1139.44$ k.

$q_L = 0.717\,(1139.44 - 303) = 599.7 \simeq 600\frac{KJ}{kg}$.

$\xi_{th} = 1 - \frac{600}{1760} = 0.659 = 65.9\%$.

(1) - A theoretical combined heat addition or dual combustion cycle operates with 1 kg of air as the working medium ($c_p = 0.21\frac{Kcal}{kg.c^{o}}$, $c_v = 0.171\frac{Kcal}{kg.c^{o}}$ or c_p =1 and $c_v = 0.715\frac{Kcal}{kg.c^{o}}$). The pressure and temperature of air when compression starts are $1.1\frac{kg}{cm^2}$ ($0.108\frac{M\,N}{cm^2}$)and 125 C^{o} the specific volume at the end of compression is $0.07\ \frac{m^3}{kg}$ and the highest temperature reached in the cycle is 2400 k^{o} . The heat supplied at constant volume is $76\frac{Kcal}{kg}$ ($318\frac{KJ}{kg}$). Calculate pressure, volume and temperature at different change process point and find the compression ratio and the cut- off ratio.

(12)- دورة إضافة الحرارة المركبة (عند الحجم والضغط الثابت) أو دورة دول للاحتراق تعمل عند 1 كجم من الهواء كمادة عاملة

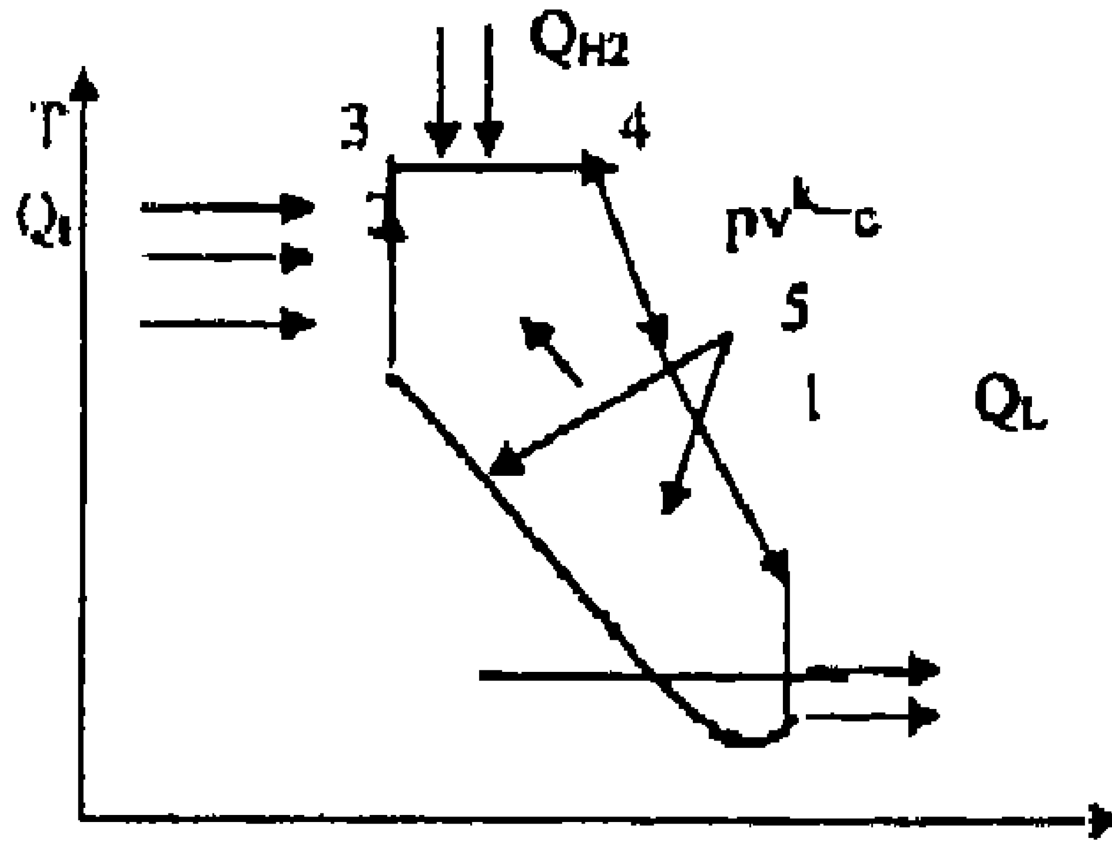
$c_p = 0.21\ \frac{Kcal}{kg.c^{o}}$, $c_v = 0.171\frac{Kcal}{kg.c^{o}}$ or c_p=1and c_v=$0.715\frac{Kcal}{kg.c^{o}}$

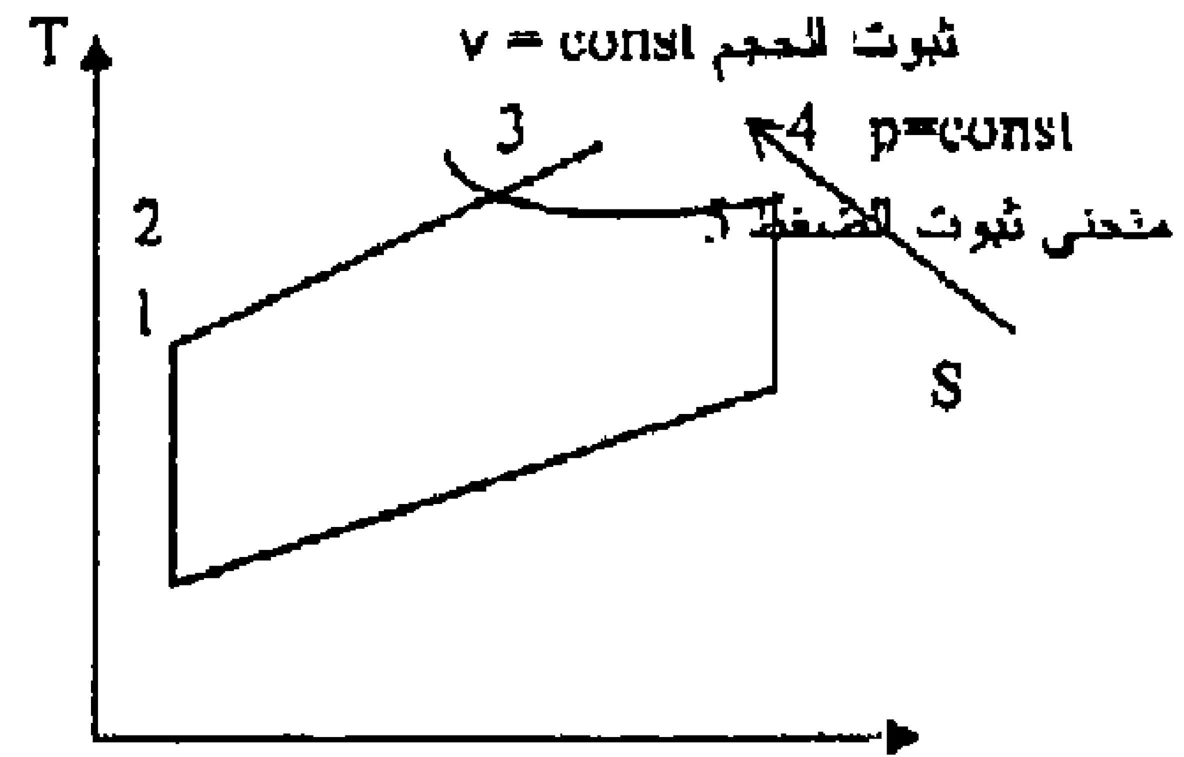
الضغط ودرجة الحرارة للهواء عند بداية الانضغاط ($\frac{kg}{cm^2}$ 0.108 $\frac{M\,N}{cm^2}$) and 125 C^{o}

1.1 على الترتيب الحجم النوعي عند نهاية الـضغط ($318\frac{KJ}{kg}$) $76\ \frac{Kcal}{kg}$.احـسب

الضغط والحجم ودرجة الحرارة عند مختلف النقط للعمليات المختلفة وأوجـد نـسبة الانضغاط ونسبة القطع أو نسبة الضغط.

الحل :-





∴ $P_1V_1 = m\,R\,T_1$.

$$V_1 = \frac{R\,T_1}{P_1} = \frac{29.3\,(273+125)}{1.1\times 104} = 1.06\frac{m^3}{kg}.$$

$$r_{\text{compression ration}} = r_{comp} = \frac{V_1}{V_2}.$$

∴ الحجم النوعي عند نهاية الانضغاط

$$v_2 = 0.07\frac{m^3}{kg}$$

$$\therefore r_{comp} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1.06}{0.07} = 15.14.$$

<u>خلال الإجراء أو العملية 1←2.</u>

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{K}}.$$

$$\therefore \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{K}}.$$

$$\therefore \left(\frac{V_1}{V_2}\right) = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{K}}.$$

$$\therefore \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k = (15.14)^{1.4} = 45.2.$$

$$\therefore p_2 = p_1(45.2) = 1.1(45.2) = 49.8\frac{kg}{cm^2}.$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = (15.14)^{0.4} = 2.98.$$

$$\therefore T_2 = 2.89 \times 398 = 1185\ k^{o}.$$

في حالة إضافة الحرارة عند حجم ثابت أي خلال الاجراء أو العملية 2 ⟵ 3.

$\therefore\ q_{H1} = c_v(T_3 - T_2)$ $\qquad \therefore\ 76 = 1 \times 0.171\,(T_3 - 1185).$

$\therefore\ T_3 = 1630\ k.$

$\because\ \frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2}.$ $\qquad \therefore\ \frac{P_3}{P_2} = \frac{1630}{1185} = 1.375.$

$\therefore\ P_3 = P_2\,(1.375) = 49.8\,(1.375) = 68.5\frac{kg}{cm^2}.$

$\because\ V_2 = V_3 = 0.07\frac{m^3}{kg}\ ,\ T_{max} = T_4 = 2400\ k^o.$

ويمكن ايجاد نسبة القطع r_{cut} = cut of ratio كما يلي :-

$\therefore\ r_{cut} = \frac{T_4}{T_3} = \frac{2400}{1630} = 1.47.$

Cut of ratio = $r_{cut} = \frac{V_4}{V_3} = \frac{T_4}{T_3}.$

Where $v_2 = v_3 = 0.07\frac{m^3}{kg}$ volume.

$\therefore\ 1.47 = \frac{V_4}{V_3}$ $\qquad \therefore\ v_4 = 1.47 \times 0.07 = 0.1036\ \frac{m^3}{kg}.$

في حالة الإجراء أو العملية 4 ⟵ 3عند ثبوت الضغط.

$\therefore\ P_4 = P_3 = 68.5\frac{kg}{cm^2}.$

$\because\ T_4 = 2400\ k^o.$

في حالة الإجراء أو العملية 4 ⟵ 5 وهي عند ثبوت الانتروبي.

$\frac{P_4}{P_5} = (\frac{r_{comp}}{r_{cut}})^k = (\frac{15.14}{1.48})^{1.4} = 26.$

$\therefore\ \frac{68.5}{P_5} = 26.$ $\qquad \therefore\ P_5 = \frac{68.5}{26} = 2.64\frac{kg}{cm^2}.$

أي خلال الاجراء 4 ⟵ 5.

$\therefore \frac{T_4}{T_5} = (\frac{r_{comp}}{r_{cut}})^{k-1}$.

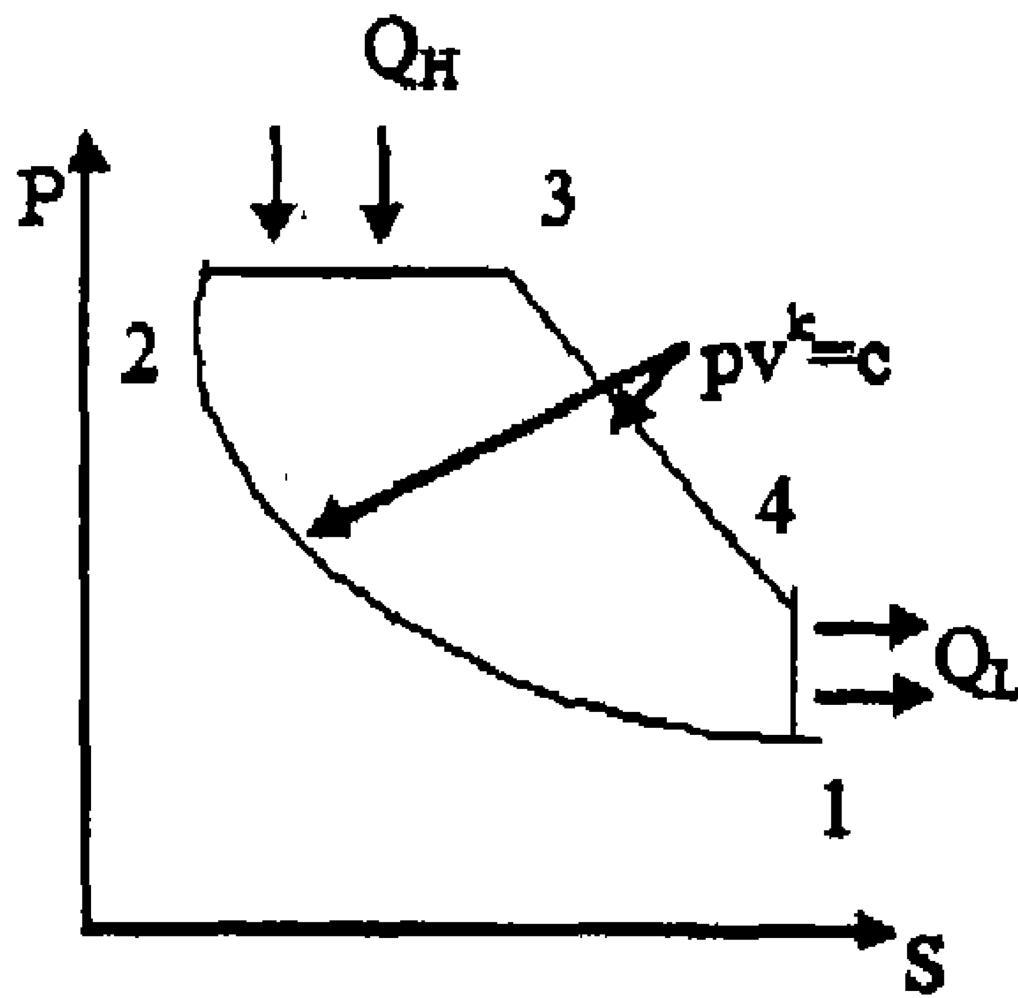
$\therefore \frac{2400}{T_5} = (\frac{15.14}{1.48})^{0.4}$ $\therefore T_5 = 945\ k^{\circ}$.

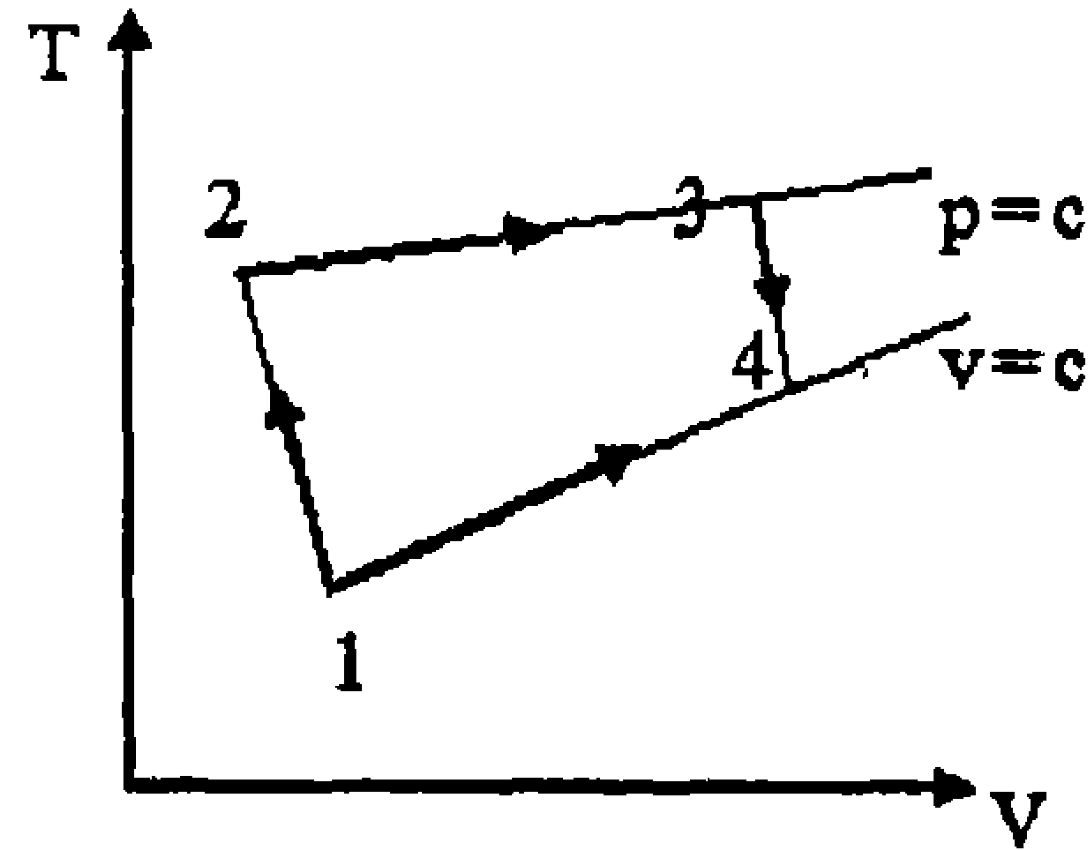
$\therefore V_5 = V_1$ $\therefore V_5 = 1.06 \frac{m^3}{kg}$.

(13) –A diesel engine has a volume compression ratio of 12, a volume expansion ratio 5 and the pressure at the beginning of compression process is 100 $\frac{KN}{cm^2}$. Determine the pressure during heat addition and at the end of expansion. Calculate the mean effective pressure.

(13)– محرك ديزل نسبة الانضغاط الحجمي له 12، ونسبة التمدد الحجمي 5 والضغط عند بداية عملية الانضغاط 100 كيلو نيوتن لكل متر مربع. عين الضغط خلال إضافة الحرارة وعند نهاية التمدد. واحسب الضغط المتوسط الفعال.

الحل :-





<u>خلال الإجراء أو العملية1←2.</u>

$\therefore \frac{P_2}{P_1} = (r_{comp})^k$.

Where r_{comp} = نسبة الانضغاط الحجمي = 12، k = 1.4, P_1= 100$\frac{KN}{cm^2}$.

$\therefore \frac{P_2}{100} = (12)^{1.4}$ $\therefore P_2 = 3242.3 \frac{KN}{cm^2}$.

حيث P_2 هو الضغط خلال عملية إضافة الحرارة عند ضغط ثابت.

... خلال العملية 3 ←4 الادياباتيكية نجد أن :

... نسبة التمدد الحجمي يعين من العلاقة :-

$(r_{ex} . v)$ = volume expansion ratio.

$\therefore \frac{P_3}{P_4} = (r_{ex} . V)^k$ where $r_{ex}.v = 5$, $P_2 = P_3$.

$\therefore P_2 340.64 =$ الضغط في نهاية عملية التمدد $= \frac{KN}{cm^2}$.

.. العملية 2 ←1 اديباتيكية.

$\therefore \frac{T_2}{T_1} = r^{k-1}$ $\therefore T_2 = 2.702\ T_1$.

$e = (\frac{r}{e}) = 2.4$.

وحيث ان : $\frac{T_3}{T_4} = a^{k-1}$

$T_3 = e - T_1 = 6.485\ T_1$.

$\therefore T_4 = 3.406\ T_1$, $\varepsilon\ w = Q_a - Q_R$

$\therefore \varepsilon\ w = m\ c_p\ (T_3 - T_2) - m\ c_v\ (T_4 - T_1)$.

وحيث ان للهواء :

$c_p = 1.005 \frac{KJ}{kg.k}$, $c_v = 0.718 \frac{KJ}{kg.k}$.

$\therefore \varepsilon\ w = 2.074\ m\ T_1$.

.. معادلة الغاز

$\therefore P_1 V_1 = m\ R\ T_1$.

وحيث ان للهواء :

$:R = 0.287 \frac{KJ}{kg.k}$.

$\therefore V_1 = 0.0287$.

$V_2 = 0.00024\ m\ T_1$, $V_5 = V_1 - V_2 = 0.00213\ k^o$.

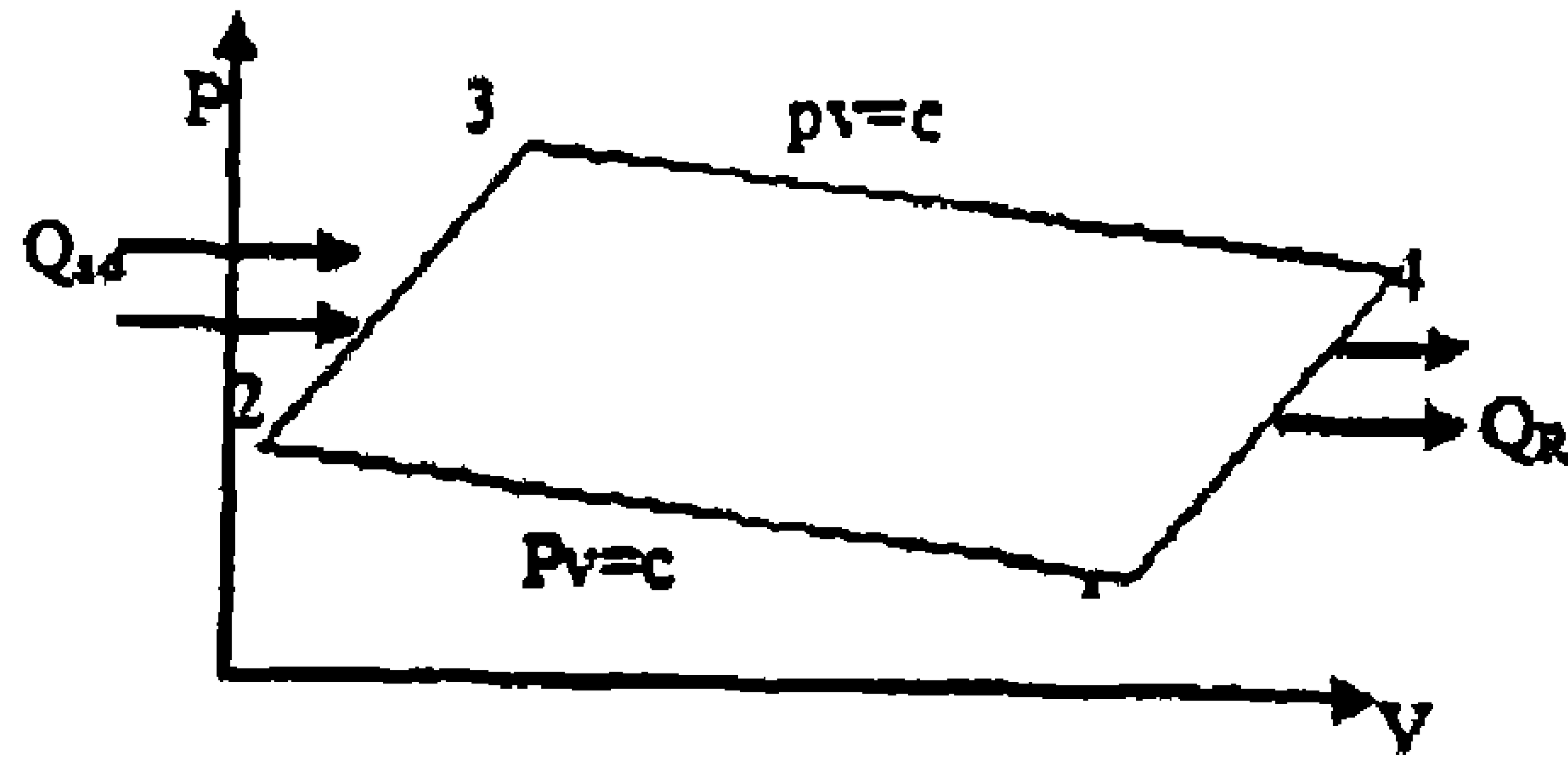
$\therefore P_m = \frac{\varepsilon\ w}{V_5} = 788.72 \frac{KN}{cm^2}$.

-(14)An air standard Otto cycle works between limited temperature t and 300 k. If the thermal efficiency for condition of maximum cyclic work is 50%.

Determine the heat added per kilogram.

(14)- دورة أوتو الهوائية القياسية تعمل بين درجتي الحرارة T و 300 k إذا كانت الكفاءة الحرارية المحددة لحالة أقصى شغل للدورة 50%. أوجد كمية الحرارة المضافة لكل كيلو جرام.

الحل :-



من الشكل المقابل نجد أن :-

$\xi_0 = (1-\frac{T_1}{T_2})$.

وحيث أن T_1 للهواء وأن $\xi_0 = 0.5$

$\therefore T_2 = 600$ k.

وبما أن شرط الحصول على أقصى شغل لدورة أوتو هو:

$T_2 = \sqrt{T_1 . T_3}$ $\therefore 600 = \sqrt{(300) T_3}$.

$(600)^2 = 300\ T_3$ $\therefore T_3 = \frac{600\ X\ 600^2}{300} = 1200$ k.

$Q_a = m\ c_v\ (T_3 - T_2)$.

وحيث أن للهواء :

$c_v = 0.718 \frac{KJ}{kg.k}$.

$\therefore Q_a =$ الحرارة المضافة $= 430.8\frac{KJ}{kg}.$

$C_p = 1.005\frac{KJ}{kg.k}.$	$C_p = 0.21\frac{K\,cal}{kg.c^\circ}.$
للهواء $C_v = 0.718\frac{KJ}{kg.k}.$	$C_v = 0.171\frac{K\,cal}{kg.c^\circ}.$
$R = 0.287\frac{KJ}{kg.k}.$	
K = 1.4.	K = 1.4.

$$c_p = 0.21\frac{K\,cal}{kg.c^\circ} = 1.005\frac{KJ}{kg.k}.$$

$$1\frac{K\,cal}{kg.c^\circ} = \frac{1.005}{0.21} \qquad \frac{KJ}{kg.k} = 4.79\frac{KJ}{kg.k}.$$

$$c_v = 0.171\frac{K\,cal}{kg.c^\circ} = 0.717\frac{KJ}{kg.k}.$$

$$\therefore 1\frac{K\,cal}{kg.c^\circ} = \frac{0.717}{0.171} = 4.2\frac{KJ}{kg.k^\circ}.$$

$$R = 0.287\frac{KJ}{kg.k}.$$

$$P\ 1.1\frac{Kg}{cm^2} = 0.108\frac{MN}{m^2}.$$

$$1\frac{Kg}{cm^2} = \frac{0.108}{1.1} \quad \frac{MN}{m^2} = 0.098\frac{MN}{m^2}.$$

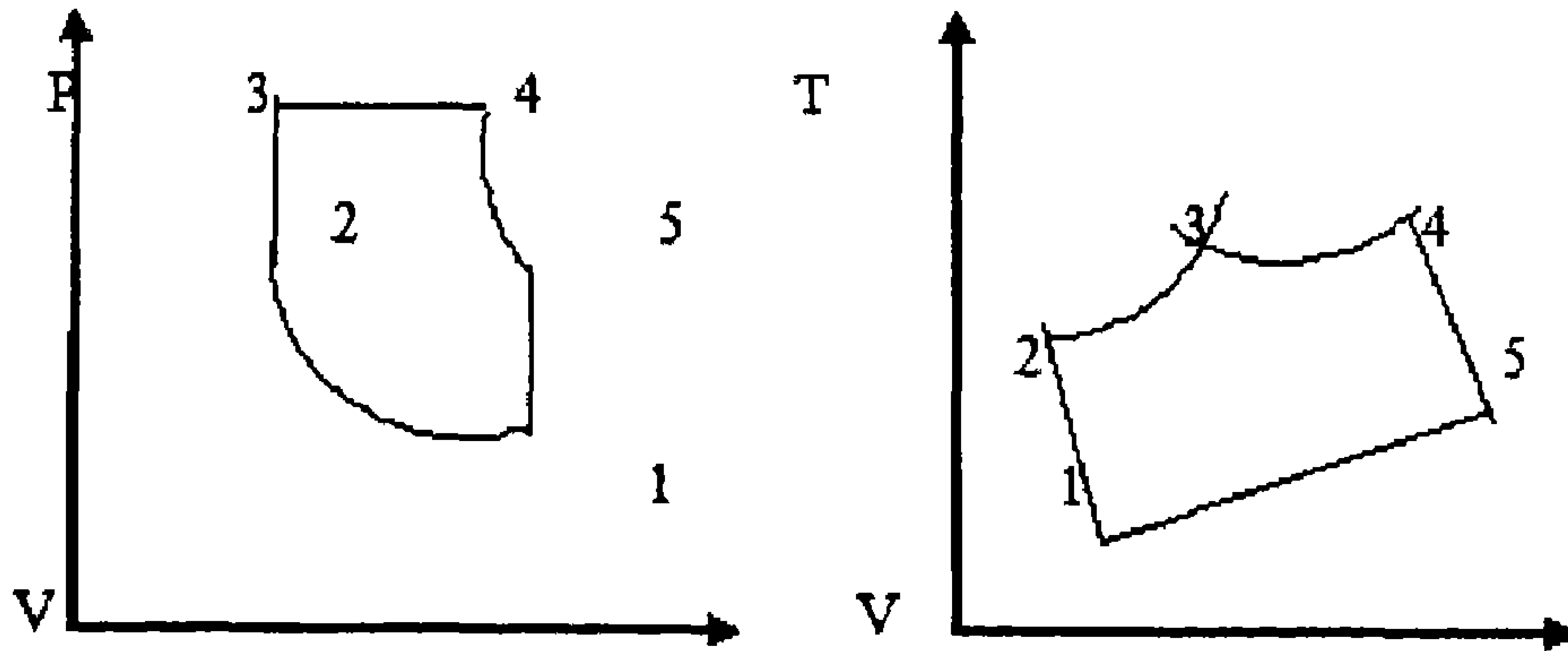
15- يعمل محرك احتراق داخلي حسب الدورة المشتركة (المختلطة) بنسبة انضغاط 1:20 فإذا كانت المعطاة للمحرك عند ثبوت $\frac{KJ}{kg}$ 400، وكمية الحرارة المطرودة من المحرك $\frac{KJ}{kg}$ 300 كمية وكانت نسبة عند إضافة الحرارة تحت ضغط ثابت e)

(0.8 =. الحجم أوجد كمية الحرارة المضافة للمحرك عند ثبوت القطع (e)

الضغط علماً بأن الضغط ودرجة الحرارة في بداية الدورة هى 120 Kpa , 40 c° على الترتيب أوجد نسبة الضغط (a) لإضافة الحرارة عند حجم ثابت واحسب أقصى درجة حرارة أقصى ضغط في الدورة والكفاءة الحرارية للدورة المشتركة موضحاً اجابتــك برسم الدورة على منحى P-V , T-S .

الحل :-

افرض أن R=0.287, cp=1.005, cv= 0.717, k =1.4



$r_{comp} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{20}{1}$, $Q_H = 400\frac{KJ}{kg}$, $Q_L = 300\frac{KJ}{kg}$.

Q_{H2} =? $P_1 = 120$ kpa, $T_1 = 40 + 273 = 313$ k.

e = 0.83.

أوجد $a, \xi_{th}, P_{max}, T_{max}$.

$\because Q_{H1} = m\,c_v\,(T_3 - T_2)$. $\because Q_{H2} = m\,c_p\,(T_4 - T_3)$.

$\therefore$ خلال العملية 1←2 حيث S = cost عملية $pv^k = c$, is on tropic.

$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} = \left(\frac{1}{20}\right)^{0.4}$. $\therefore \frac{313}{T_2} = \left(\frac{1}{20}\right)^{0.4}$.

$\therefore \frac{313}{T_2} = (0.05)^{0.4} = 0.3$. $\therefore T_2 = \frac{313}{0.3} = 1043.3\ k^{\circ}$

وهي عملية ايزورمالية خلال العملية 2←3 Isothermal .

حيث تحت اضافة حرارة عند ثبوت الحجم Q_{H1} حيث:

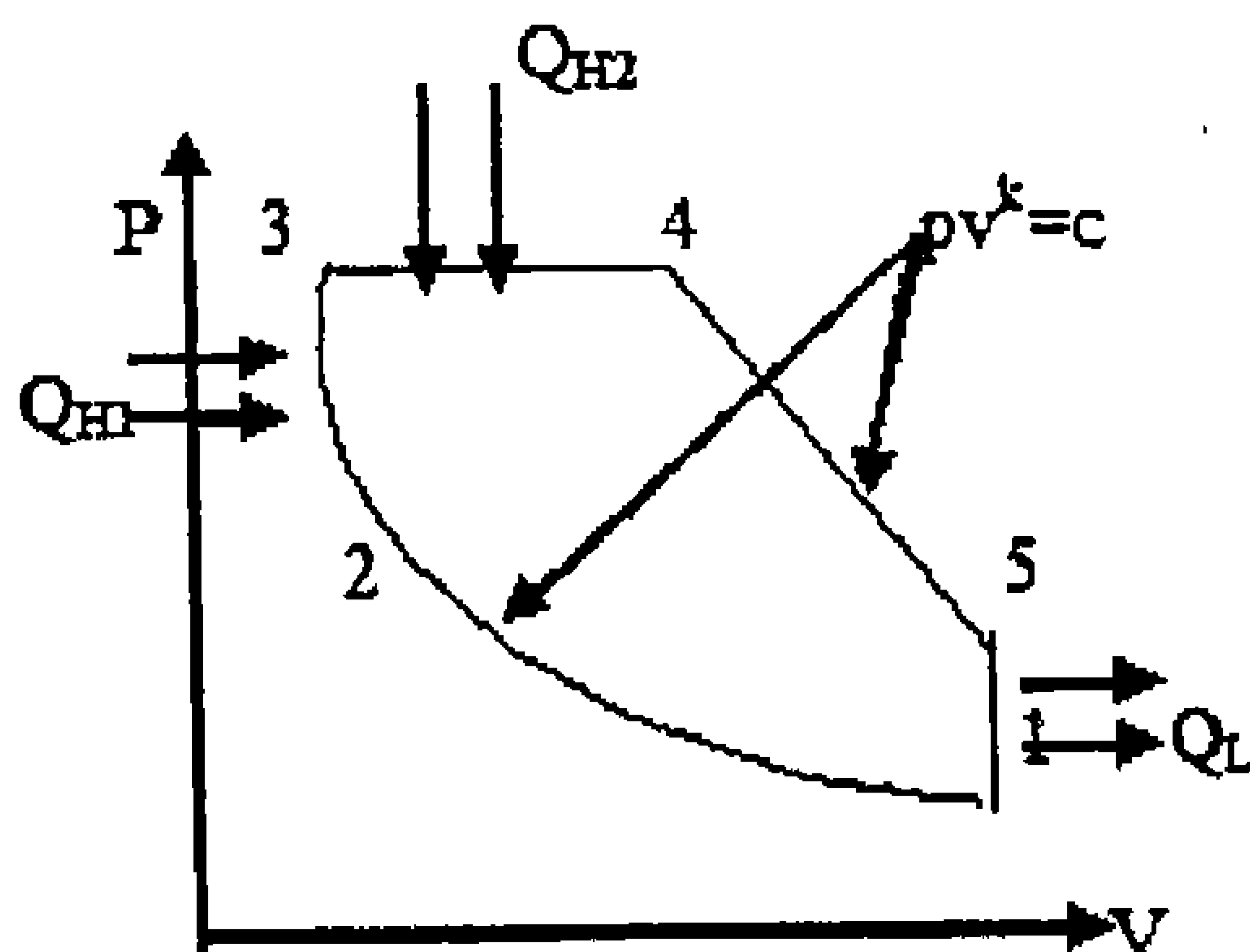
نسبة الضغط عند إضافة الحرارة تحت حجم ثابت= $a = \frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2}$

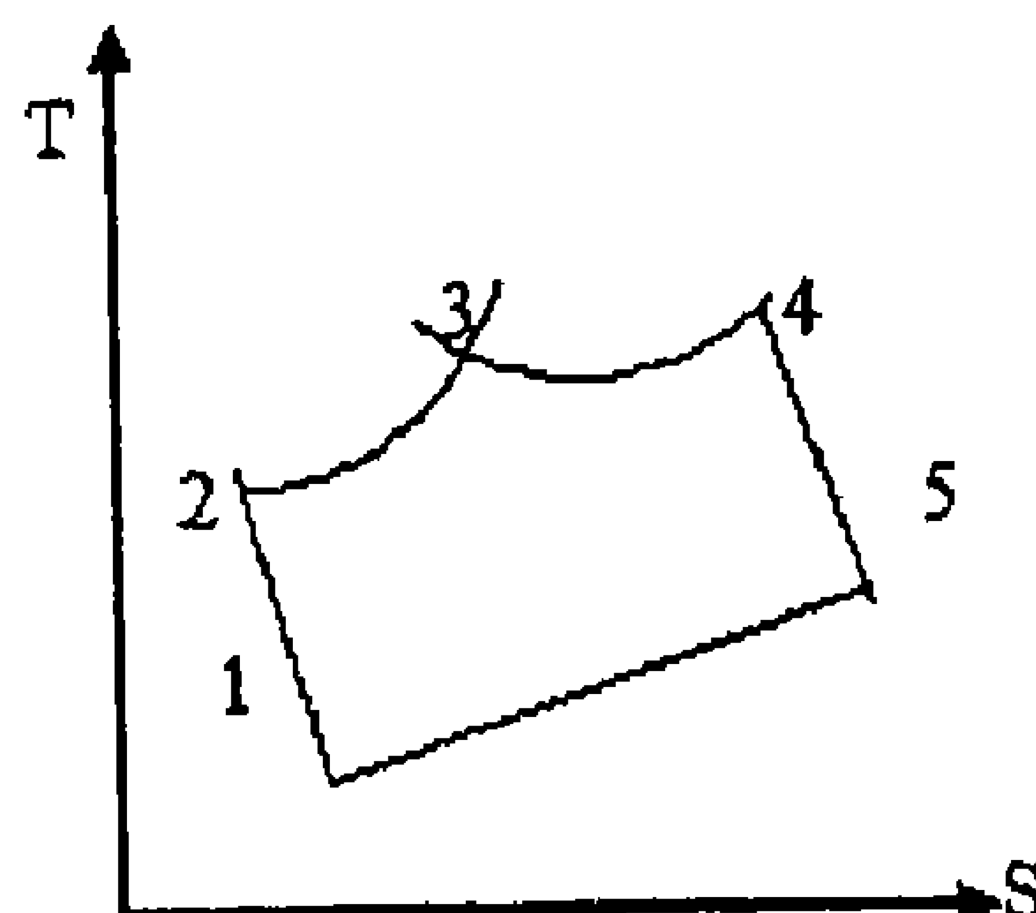
$Q_{H1} = m\, c_v\, (T_3 - T_2)$.

$400 = (1)\,(0.717)\,[T_3 - 1043.3]$.

$\frac{400}{0.717} = T3 - 104.3$ $\therefore T_3 = 1601.1$ k.

نسبة الضغط $= a = \frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{1601.1}{1043.3} = 1.53$ $\therefore a = 1.53$.





خلال العملية 3 ←4 هي إضافة حرارة عند ثبوت الضغط حيث e هي نسبة القطع لاضافة الحرارة تحت ضغط ثابت.

$e = \frac{V_4}{V_3} = \frac{T_4}{T_3}$.

$Q_{H2} = m\, c_p\, (T_4 - T_3)$.. ، $Q_{H2} = ?$

$QH2 = (1)\,(1.005)\,(T4 - 1601.1)$. $T4 = ?$

خلال العملية 4 ←5 وهي عملية ايزنتروبكية حيث الانتروبي ثابت.

أي ان S4 = S5 وان Pvk = c ومن ذلك نلاحظ الآتي : P3 = P4, V5 = V1 , V3 = V2.

خلال العملية 5 ←1 حيث تطرد الحرارة عند حجم ثابت.

$\therefore Q_L = m\, c_v\, (T_5 - T_1)$.

300 = (1) (0.717) (T5 – 313). ∴ T5 = 731.4.

بقية العملية 4 ⟵ 5

نلاحظ في العملية 4−5 ما يلي أيضًا.

$$\frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_5}\right)^{k-1} = \left(\frac{V_4}{V_3} \cdot \frac{V_3}{V_5}\right)^{k-1} = \left(e \cdot \frac{V_3}{V_5}\right)^{k-1}$$

حيث $e = \frac{V_4}{V_3}$, V3 = V2 , V5 = V1

$$\therefore \frac{T_5}{T_4} = \left(e \cdot \frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} = \left[e \cdot \frac{1}{r_{comp}}\right]^{k-1} = \left(\frac{e}{r_{comp}}\right)^{k-1}.$$

$$\therefore \frac{T_5}{T_4} = \frac{e^{k-1}}{r_{comp}{}^{k-1}} = \frac{(0.8)^{0.4}}{(20)^{0.4}} \longrightarrow (1)$$

ومن العملية 5 ⟵ 1 وهي عملية ايزوترمالية Isothermal process

$Q_L = m\ c_v\ (T_5 - T_1).$ $\therefore 300 = (1)\ (0.717)\ (T_5 - 313).$

$\therefore T_5 = 731.4$ k.

وبالتعويض عن T_5 في النعادلة (1) نحصل على :-

$$\frac{731.4}{T_4} = \frac{(0.8)^{0.4}}{(20)^{0.4}} = \frac{0.915}{3.314} = 0.276.$$

$$\therefore T_4 = \frac{731.4}{0.276} = 2650\ k = T_{max}.$$

وبالتالي يمكن تعيين كمية الحرارة المضافة Q_{H2} عند ثبوت الضغط.

$Q_{H2} = m\ c_p\ (T_4 - T_3) = (1)\ (1.005)\ [2650 - 1601.1].$

$\therefore Q_{H2} = 1054.14$ KJ.

$$\xi_{th\ (Dwell)} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}.$$

∴ Q_H = كمية الحرارة الكلية المضافة للمحرك = $Q_{H1} + Q_{H2} = 400 + 1054.14.$

$\therefore Q_H = 1454.14$ KJ.

$$\therefore \xi_{th\ (Dwell)} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{300}{1454.14} = 1 - 0.206.$$

$\therefore \xi_{th\ (Dwell)} = 0.793 = 79.3\%.$

ولإيجاد أقصى ضغط وهو $P_3 - P_4$.

$\therefore \frac{P_2}{120} = (\frac{20}{1})^{1.4} = 66.28$. $\because \frac{P_2}{P_1} = (\frac{V_1}{V_2})^k$.

$\therefore P_2 = 120\ (66.28) = 7953.6$ KJ.

$\because$ خلال العملية $2 \rightarrow 3$.

$$\because \frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

$$\therefore P_3 = P_2\ (\frac{T_3}{T_2}) = 7953.6\ (a).$$

$\therefore P_3 = 7953.6\ (1.53) = 12169$ kpa.

$\therefore P_{max} = P_3 = P_4 = 12169$ kpa.

$$e = 0.8$$
$$a = 1.53$$
$$k - 1.1$$

$$\xi_{th\ (Dwell)} = 1 - \frac{e^k .a - 1}{r^{k-1}\ [(a-1) + ka\ (e-1)]}$$

$$\xi_{th\ (Dwell)} = 1 - \frac{[\ (6.8)^{1.4}\ .(1.53) - 1]}{(20)^{0.4}\ [(0.53) + 1.4\ (1.53)(0.8-1)]}$$

$$\xi_{th\ (Dwell)} = 1 - \frac{[0.11948]}{3.314\ [0.53 + (1.4)\ (1.53)(0.8-1)]} = 1 - \frac{0.11948}{0.3367}$$

$\xi_{th\ (Dwell)} = 64.5\%$.

أسئلة وتمارين للمناقشة

1-A car not engine uses nitrogen an the working fluid If the heat supplied is 65 kg , the adiabatic expansion ratio 18: 1 and the low temperature receiver in at 350 k . Determine the thermal efficiency, the heat rejected and the cycle work.

1- محرك كار نوت يستخدم غاز النيتروجين كمائع تشغيل إذا كانت الحرارة المضافة 65 كيلو جول ، نسبة التمدد الاديباتيكي 18:1 ودرجة حرارة خـزان الحـرارة المنخفضة350 كليفن. أوجد الكفاءة الحرارية والحرارة المطرودة وشغل الدورة .

2-For a car not engine ,if the working Fluid is 0.1 Kg of air the maximum cycle temperature is 1040 k, the minimum temperature 350 K, the maximum pressure 9.3 MPa and the heat added per cycle 5.2 KJ Determine the cylinder Volume.

2- لمحرك كار نوت إذا كانت الكتلة الشغالة 0.1 كيلو جرام من الهواء أعلى درجة حرارة في الدورة 1040 كلفن وأقل درجة حرارة 350 كيلفن أعلى ضـغط 9.3 ميجا باسكال والحرارة المضافة لكل دورة5.2 كيلو جول. أوجد حجم الأسطوانة ؟

3-A Car not engine operates between the temperatures 1200 K^c and 400 K^c , at 3000 r p m and develops 300 KW. If the mean effective pressure is 380 k p a. Determine the cycle efficiency heat added and the engine displacement.

3- يعمل محرك كارنوت بين درجتي الحرارة

300KW 3000 وينتج r.p.m400 عند K^c 1200 K^c

إذا كان الضغط المؤثر المتوسط 380 كيلو باسكال. أوجد كفـاءة الـدورة والحـرارة المضافة وإزاحة المحرك ؟

4- In an air standard Ericsson cycle :the maximum pressure is 40 bar and the minimum pressure 2 bar JF the heat supplied is 1250 $^{KJ}/_{kg}$ and the minimum tonperatuse is 21 c˚ Determine the cycle work , the heat rejected ,the heat stored in the regenerator and the entropy change , during the heat addition process.

4- في دورة اريكسون الهوائية القياسية : أعلى ضغط 40 بار وأقل ضغط 2 بـار إذا كانت الحرارة المضافة 1250 كيلو جول لكل جرام وأقل درجة حرارة c˚21. أوجد شغل الدورة ، والحرارة المطرودة والحرارة المختزنة في المسترجع الحـراري

وتغير الانتروبيا خلال عملية إضافة الحرارة.

5- An air standard Otto cycle uses 0.15 kg air and has 20 % clearance ratio. If the intake conditions are 15 N/cm^2 and 43c° and the energy release during combustion is 480 KJ/kg Determine the compression ratio, the display cument volume, the work, the thermal efficiency and the mean effective pressure.

5- تستخدم دورة أوتو الهوائية القياسية 0.15 كيلو جرام من الهواء ولها نسبة خلـــو من20 %. إذا كانت حالة الدخول 15 نيوتن لكل سنتيمتر مربع ، 43 م والطاقـــة المحررة (المطرودة) خلال الاحتراق 480 ° كيلو جرام لكل كيلو جرام . أوجد نسبة الانضغاط ، حجم الإزاحة ، الشغل ، الكفاءة الحرارية والضغط المتوســـط الفعال ؟

6-A diesel engine operates on the theoretical combined heat addition cycle (dual combustion cycle).The engine has a compression ratio of 19 and heat added of the working medium for the cycle is 1850 $\frac{KJ}{kg}$. The amount of heat added at constant volume is 25% of the total amount of heat added and the pressure and temperature at the beginning of compression process are 110 kpa and 40c°. Calculate for the theoretical cycle:

(a)- Maximum pressure and temperature.

(b)- Thermal efficiency.

(c)- Mean pressure of the cycle.

For air K= 1.4 and C_V = 0.717 k cal/kg.c°.

6- محرك ديزل يعمل طبقًا للدورة المشتركة (دورة دويل) أي دورة إضافة الحرارة المركبة (عند ثبوت الحجم وثبوت الضغط)، نـــسبة الانـــضغاط للمحـــرك 1:19 والحرارة الكلية المضافة للمادة العاملة بالدورة $1850\frac{KJ}{kg}$ ، كمية االحرارة المضافة عند ثبوت الحجم 25% من كمية الحرارة الكلية المضافة على التوالي. احـــسب : 40c° , 110 kpa والضغط ودرجة الحرارة عند بداية الانضغاط

(أ)- أقصى ضغط ودرجة حرارة.

(ب)- الكفاءة أو الجودة الحرارية.

(ج)- الضغط المتوسط للدورة.

علمًا بأن الهواء $C_v = 0.717$ k cal/kg.c°, K= 1.4

7- In the last example (1) the total heat added is reduced by 55 % (due to change in load) ,the same. What will be the thermal efficiency and the mean effective pressure of the cycle? Other conditions of the cycle remain the same.

7- في المثال السابق (1) إذا انخفضت الحرارة الكلية المضافة علـــي 55 % (نتيجـــة تغيير الحمل) ،الحرارة المضافة عند حجم ثابت بقيت كما هـــي. أوجـــد الكفـــاءة الحرارية والضغط البياني للدورة، مع اعتبار أن الظروف الأخرى للدورة بقيـــت كما هي بالمثال السابق.

8- In a theoretical cycle for an internal combustion engine, the pressure and the temperature at the beginning of compression are 1.50 kg/cm^2 and 60c°.

The pressure at the end of compression is 45 kg/cm^2 and the maximum pressure of cycle is 65 kg/cm2 .Heat is added partly at constant volume and partly at constant pressure and the head added at constant pressure is thrice the amount of heat added at constant volume. Heat rejection is at constant volume. Calculate for the cycle:

(a)- Compression ratio.
(b)- cut of ratio.
(c)- Thermal efficiency.
(d)- Mean effective pressure.($1.0 \frac{kg}{cm^2} = 0.098 \frac{MN}{m^2}$).

8- في دورة نظرية لمحرك احتراق داخلي كان الضغط ودرجة الحرارة عند بدايـــة الانضغاط $1.50 \frac{kg}{cm^2}$ (60c)° على الترتيب ، الضغط عند نهاية الانضغاط $45 \frac{kg}{cm^2}$ وأقصى ضغط في الدورة $65 \frac{kg}{cm^2}$. الحرارة تم إضافة جزء منها عند حجم ثابت وجزء عند ضغط ثابت والحرارة المطرودة تكون عند حجـــم ثابـــت.

احسب لهذه الدورة :

(أ)- نسبة الانضغاط.

(ب)- نسبة القطع أو نسبة الضغط.

(ج)- متوسط الضغط الفعال.

(د)- الكفاءة الحرارية.

9- يعمل محرك احتراق داخلي حسب دورة أوتو حيث كان الضغط ودرجة الحرارة عند بدء الانضغاط 110 kpa , $c50^{o}$ على التوالي وكانت نسبة الانــضغاط 1:8 ، احسب أقصى درجة حرارة في الدورة الكفاءة الحرارية ، الشغل المنجــز خـــلال الدورة إذا كانت الحرارة المعطاة لدورة هي $120\frac{kJ}{kg}$

10- يعمل محرك احتراق داخلي طبقًا لدورة ديزل المثالية وكانت نسبة الانضغاط له 1:16 ونسبة التمدد 48 على التوالي وكان الضغط $c5\ ^{c}5$ 1:7.5 108 kpa , وكان الضغط ودرجة الحرارة عند بداية الانضغاط . احسب أقصى درجة حرارة فـــي الدورة والكفاءة الحرارية. 308 kpaعند نهاية التمدد

مثال(11) :-

يعمل محرك احتراق داخلي جسب الدورة المختلطة بنـــسبة انـــضغاط 1:20 ، كميـــة الحرارة المعطاة للدورة وكمية الحرارة المضافة عند ثبوت الحجم 25% مـــن كميـــة الحرارة المعطاة ، فإذا كانت درجة $1850\frac{kJ}{kg}$ الحرارة في بداية الـــدورة 40c0 وكـــان الضغط في بداية الدورة أيضًا90 kpa احسب أقصى درجة حرارة وأقصى ضغط فـــي الدورة الحرارية علمًا بأن :

1 2 - A theoretical combined heat addition or dual combustion cycle operates with 1 kg of air as the working medium ($c_p = 0.21\frac{Kcal}{kg.c^{\circ}}$, $c_v = 0.171\frac{Kcal}{kg.c^{\circ}}$ or c_p =1 and $c_v = 0.715\frac{Kcal}{kg.c^{\circ}}$). The pressure and temperature of air when compression starts are $1.1\frac{kg}{cm^2}$ ($0.108\frac{MN}{cm^2}$)and 125 C^{o} the specific volume at the end of compression is 0.07 $\frac{m^3}{kg}$ and the highest temperature reached in the cycle is 2400 k^{o} . The heat supplied at constant volume is $76\frac{Kcal}{kg}$ ($318\frac{KJ}{kg}$). Calculate pressure, volume and temperature at different change process point and find the compression ratio and the cut- off ratio.

(12)- دورة إضافة الحرارة المركبة (عند الحجم والضغط الثابت) أو دورة دول للاحتراق تعمل عند 1 كجم من الهواء كمادة عاملة

$c_p = 0.21 \frac{Kcal}{kg.c^{\circ}}$, $c_v = 0.171 \frac{Kcal}{kg.c^{\circ}}$ or c_p=1and $c_v = 0.715 \frac{Kcal}{kg.c^{\circ}}$

الضغط ودرجة الحرارة للهواء عند بداية الانضغاط $(0.108 \frac{M\ N}{cm^2})$ and 125 C°

$1.1 \frac{kg}{cm^2}$ لى الترتيب الحجم النوعي عند نهاية الضغط $(318 \frac{KJ}{kg})$ $.76 \frac{Kcal}{kg}$

احسب الضغط والحجم ودرجة الحرارة عند مختلف النقط للعمليات المختلفة وأوجد نسبة الانضغاط ونسبة القطع أو نسبة الضغط.

-(13)A diesel engine has a volume compression ratio of 16, a volume expansion ratio 7 and the pressure at the beginning of compression process is 120 $\frac{K\,N}{cm^2}$. Determine the pressure during heat addition and at the end of expansion. Calculate the mean effective pressure.

(13)- محرك ديزل نسبة الانضغاط الحجمي له 16، ونسبة التمدد الحجمي 7 والضغط عند بداية عملية الانضغاط 120 كيلو نيوتن لكل متر مربع. عين الضغط خلال إضافة الحرارة وعند نهاية التمدد. واحسب الضغط المتوسط الفعال.

-(14) An air standard Otto cycle works between limited temperature t and 360 k. If the thermal efficiency for condition of maximum cyclic work is 65%. Determine the heat added per kilogram.

(14) دورة أوتو الهوائية القياسية تعمل بين درجتي الحرارة T 360k إذا كانت الكفاءة الحرارية . المحددة لحالة أقصى شغل للدورة 65%. أوجد كمية الحرارة المضافة لكل كيلو جرام.

15- يعمل محرك احتراق داخلي حسب الدورة المشتركة (المختلطة) بنسبة انضغاط 1:20 فإذا كانت كمية وكانت نسبة $320 \frac{KJ}{kg}$ ، وكمية الحرارة المطرودة من

$\frac{KJ}{kg}$ 480 المحرك المعطاة للمحرك عند ثبوت الحجم أوجد كمية الحرارة المضافة
للمحرك عند ثبوت. (e = 0).9 عند إضافة الحرارة تحت ضغط ثابت (e) القطع
الضغط علماً بأن الضغط ودرجة الحرارة في بداية الدورة هى $50\ ^{0}c$, 1 0 Kpa3
على الترتيب أوجد نسبة (a) الضغط لإضافة الحرارة عند حجم ثابت واحسب
أقصى درجة حرارة أقصى ضغط في الدورة والكفاءة
الحرارية للدورة المشتركة موضحاً اجابتك برسم الدورة على منحى T-S . , P-V

2

الجزء الثانى

محركات الديزل

6

الباب السادس

صيانة منظومة الحقن بمحركات الديزل

1-6 صيانة منظومة الوقود بمحركات الديزل

يتناول هذا الباب صيانة منظومة الوقود بمحركات الديزل وأجزائها المختلفة ويتوقف نجاح عملية الصيانة على مقدار الخبرة الميكانيكية وخبرة المهندس الفني والفنيين(الميكانيكي) بنوع المحرك والقدرة على اكتشاف الأعطال وتحليل أسبابها وتحديد نوع الصيانة المطلوبة للإصلاح ويجب عدم وضع أكثر من تخمين دائماً بل يجب التحري والتدقيق لكل احتمال والعودة إلى النشرة الفنية للمحرك عند الضرورة .

توجد عدة أعطال شائعة لدورة الوقود بمحركات الديزل وهي :-

1- عدم تساوي كمية الوقود التي تحقن في حيز الاحتراق لمجموعة الرشاشات أو بمعني أخر عدم تساوي إمداد الوقود لمجموعات محاقن الوقود .

2- إمكانية سحب الهواء داخل دورة الوقود عن طريق اتصالات أو توصيلات غير محكمة الربط .

3- العمل غير الصحيح لمجموعات محاقن الوقود .

ويمكن شرح عمليات الصيانة الرئيسة التي تجري على دورة الوقود كما يلي .

1- التأكد من دوران الوقود :-

يمكن معرفة عدم تساوي إمداد الوقود لمحاقن الوقود عندما يلاحظ هبوط في قدره المحرك وعدم انتظام واستقرار أداء المحرك وحدوث اهتزازات عالية وكذلك صعوبة بدء حركة وإيقاف المحرك على السرعة المنخفضة وينشأ عدم تساوي إمداد الوقود لأحد أو لبعض الأسباب الآتية .

1- سحب الهواء إلى داخل دورة الوقود بمحركات الديزل .

2- حدوث اتساخ وانسداد عناصر الترشيح في مرشحات الوقود الابتدائية والثانوية .

3- انسداد عناصر الترشيح في محاقن أو رشاشات الوقود .

4- العمل غير الصحيح لمضخة الوقود .

ويمكن التأكد من دورة الوقود خلال الدورة بعدة طرق وأحسن هذه الطرق هو القيام بتوصيل مقياس تحكم خاص يدخل بين تركيبه مشعب (مجموعة مواسير أو مجمع سحب) دخول الوقود وغطاء مرشح حاقن الوقود ولإدخال هذا المقياس يجب فك أي ماسورة من مواسير الوقود . وإذا كان الضغط أعلى من $3kg_f/cm^2$ 2000 rpm فيجب فك حاقن الوقود وإرساله إلى ورشة الإصلاح لفحصه وإصلاحه .

وإذا كانت مرشحات محاقن الوقود في حالة جيدة وضغط الوقود كان أعلى من القيمة المذكورة أعلاه فيحتمل أن يكون المرفق المقيد لمشعب خروج الوقود مسدوداً ويجب فك المرفق وتنظيفه في هذه الحالة . بينما إذا كان ضغط الوقود أقل من $1.2^{kgf}/cm^2$ عند 2000 rpm مع عدم سحب هواء إلى داخل الدورة فإن عناصر ترشيح مرشحات الوقود الابتدائية والثانوية يحتمل انسدادها وفي هذه الحالة تفك عناصر الترشيح المتسخة وتغسل أو تستبدل بأخرى جديدة .

وتوجد طريقة ثانية للتأكد من دورة الوقود وهي القيام بتحديد شدة تيار الوقود المتدفق خارجاً من مشعب خروج الوقود ويجب إجراء هذا الاختبار عند سرعة 1200 rpm ويجب إلا تقل كمية الوقود المتدفقة من مشعب خروج الوقود عند 1.5 لتر في الدقيقة ولتحديد ذلك يتم سكب الوقود المتدفق من مشعب خروج الوقود في وعاء مدرج، فإذا كانت كمية الوقود أقل من الكمية المذكورة أعلاه يجب إيقاف المحرك ثم نقل مرشحات الوقود الابتدائية والثانوية ومرشحات محاقن الوقود وفحص كل منهما وتغيير التالف من هذه المرشحات ، وإذا فشلت جميع هذه المحاولات السابق ذكرها للوصول إلى تساوي الإمداد بالوقود يجب فك مضخة الوقود وفحص صمام التصريف والأجزاء الأخرى بها ويحدث كثيرا أن يكون عطل دورة الوقود بسبب حدوث انسداد صمام التصريف .

كذلك يمكن التأكد من إحكام منع تسرب الهواء إلى دورة الوقود يجب القيام

بتخفيف رباط سدادة التحكم في مرشح الوقود الثانوي فإذا كان هناك هواء داخل الدورة فسيخرج من حول السدادة رغوة ووقود به فقاعات هواء وسيعمل المحرك بطريقة غير صحيحة .

وهذا دليل على تسرب الهواء داخل دورة الوقود وإذا تحقق من وجود الهواء داخل الدورة فيجب تحديد مكان الوصلة المعيبة ويلزم الكشف والفحص على وصلات خط مواسير الوقود ، وإذا وجدت منطقة في خط مواسير الوقود يتسرب منها الوقود في المنطقة الموجودة قبل مضخة الحقن والمحرك لا يعمل فيحتمل أن تكون هذه المنطقة هي منطقة العطل ويجب التأكد بعد ذلك من إحكام منع تسرب الهواء لجميع الوصلات مبتدأ من وصلة ماسورة مجمع خزان الوقود إلى مرفق دخول مضخة الوقود بالإضافة إلى ذلك مسامير غطاء مرشح الوقود الابتدائي ومسمار صمام تصرف المضخة . وإذا استمر وجود الهواء بالدورة بعد الفحص وإحكام ربط جميع الوصلات فإنه يلزم أجراء اختبار باستخدام خزان تحكم صغير مجهز بمواسير وصامولة اتصال من نفس النوع المستخدم في خط الوقود ويتم توصيل خزان التحكم بمرفق دخول مرشح الوقود الابتدائي وبمرفق دخول مضخة الوقود ويجب وضع الخزان مرتفعا عن رأس الاسطوانات وتبدأ حركة المحرك – فإذا استمر سحب الهواء داخل الدورة فإن منطقة التسرب يجب أن تكون في منطقة ما قبل خزان التحكم ، وعندما يتم اكتشاف وتحديد مكان تسرب الهواء في الوصلة المسببة للعطل بخط أنابيب الوقود بسبب حدوث تأكل في احد أو بعض لوالب التركيبات أو صامولة غطاء أو الوصلات أو بسبب جلبة تالفة فإنه ينبغي استبدال مثل هذه الأجزاء التالفة ، وبعد إصلاح مصدر العطل يجب ملء دورة الوقود وذلك عن طريق فك سدادة التحكم في غطاء مرشح الوقود الثانوي ثم يجب نزف دورة الوقود ويتم ذلك بوضع عمود تحكم جريدة الحاقن (الرشاش) في وضع أقل إمداد للوقود ويدور المحرك بواسطة بادئ الحركة حتى يتم طرد جميع الهواء من دوره الوقود ويبدأ الوقود في التدفق خارجاً من مخرج خط الوقود . ويمكن

أخلاء الهواء من دوره الوقود بضخ الوقود داخل الدورة بواسطة مضخة تسخين بادئ الحركة .

2ـ التأكد من عمل مضخة الوقود :ـ

يجب أن تكون كمية الوقود التي تمدها المضخة الجديدة للمحرك حوالي 1.4 لتر عند دوران المحرك بعدد لفات قدرها 1200 لفة في الدقيقة مع السماح بالتسرب الضئيل للوقود أو الزيت (أي ظهور نقط قليلة) من فتحة التصريف في الجانب الأسفل لجسم المضخة مع ملاحظة اختيار العدة والجهاز المناسب لإصلاح مضخة الحقن بالورشة .

ملاحظات على مضخة الحقن :ـ

يعتبر الجزء السفلي من جسم مضخة الحقن وعاء لزيت التزييت لمختلف أجزاء المضخة المتحركة وكذلك كباساتها ولذلك ينبغي الكشف على مستوى الزيت دائما وتزويده عند اللزوم وكذلك يجب التحقق من تزييت أجزاء الحاكم (Governor) وإذا حدث عطل في بدء إدارة المحرك أو عدم انتظامه فإن يجب تحديد هذا العطل وذلك بفك المواسير التي تصل المضخة بالرشاشات المختلفة (من عند اتصالها بالرشاش) ثم تضع ذراع الحاكم في وضع بحيث تعطي المضخة أكبر كمية مقررة من الوقود ثم يدار المحرك فإن لم يخرج وقود من جميع الأنابيب فيكون سبب ذلك هو وجود عيب يؤثر على جميع أجزاء المضخة مثل فراغ خزان الوقود أو سد مواسير التغذية للمضخة أو وجود فقاعات هوائية بها . إما إذا خرج الوقود من أنبوبة ولم يخرج من الأخرى فيكون سبب ذلك هو وجود عطل بعضو الحاقن الخاص بهذا الرشاش .

ويوضح الجدول التالي الأعطال التي تنشأ من مضخة الحقن وأسبابها المحتملة :

تسلسل	العطل	السبب
1-	عدم انبعاث وقود من المضخة	أ- عدم وجود وقود في خزان الوقود أو قفل صمامه . ب- سد مواسير الوقود أو وساخة المرشح . ج- وجود فقاعة هوائية في المضخة . د- تعليق احد الكباسات في الاسطوانة الخاصة بها . هـ تعليق احد صمامات الكبس في المضخة
2-	عدم انتظام تغذية الوقود في المضخة	أ- وجود فقاعة هوائية في احد أجزاء المضخة ب- كسر نابض صمام الكبس بالمضخة أو تلفه . ج- كسر نابض الكباس أو تأكل التاكيه الخاص به . د- تعليق الكباس في السلندر الخاص به . هـ عدم كفاية الوقود الواصل إلى المضخة بسبب حدوث انسداد في مواسير التغذية أو وجود شوائب.
3-	عدم كفاية الوقود الواصل إلى المحرك	بسبب وجود تسريب للوقود من صمام أو صمامات المكبس بالمضخة المكبس بالمضخة أو من الحاشيات (الجوانات) الموجودة في دائرة الكبس .
4-	زيادة كمية الوقود الواصلة إلى المحرك من اللازم وعن الكمية المحددة	بسبب عدم إحكام ربط مسمار تثبيت قوس ضبط التغذية بالجلبة .
5-	تغيير بدء الحقن	تغيير ضبط تاكية الكباس أو تأكل الكامة المتعلقة به
6-	زرجنة العمود المتصل بالحاكم	بسبب حدوث عصن أو قفش احد الكباسات أو تغطية القوس بالأوساخ
7-	عدم تساوي إمداد الوقود للرشاشات	أ- بسبب وجود تأكل في جسم وغطاء المضخة ب- وجود تسرب بصمام التصريف
8-	السخونة المتزايدة	أ- بسبب انسداد صمام التصريف أو حدوث زرجنة

تسلسل	العطل	السبب
	للمضخة وعدم تساوي إمداد الوقود	بالترس .
9-	انعدام إمداد الوقود	يحتمل كسر قارنه المضخة أو عدم وجود وقود في الخزان أو حدوث انسداد في أنابيب خط التغذية للوقود
10-	تسرب الوقود أو الزيت من فتحة التصريف	أ- بسبب تأكل موانع تسرب الزيت . ب- بسبب تأكل عمود الإدارة تحت حرف موانع التسرب

2-6 إصلاح مضخة الحقن :-

يجب عدم فك مضخة الحقن إلا بواسطة المتخصصين في إصلاحها والتي تتوفر عندهم الخبرة الكافية على إصلاح المضخات وذلك لتركيب الدقيق لمضخة الحقن وكذلك يجب أن يتوفر في الورشة الخاصة بإصلاح مضخات الحقن الأدوات والعدد والأجهزة اللازمة وكذلك الأجزاء الفك والكشف والإصلاح لمضخة الحقن .

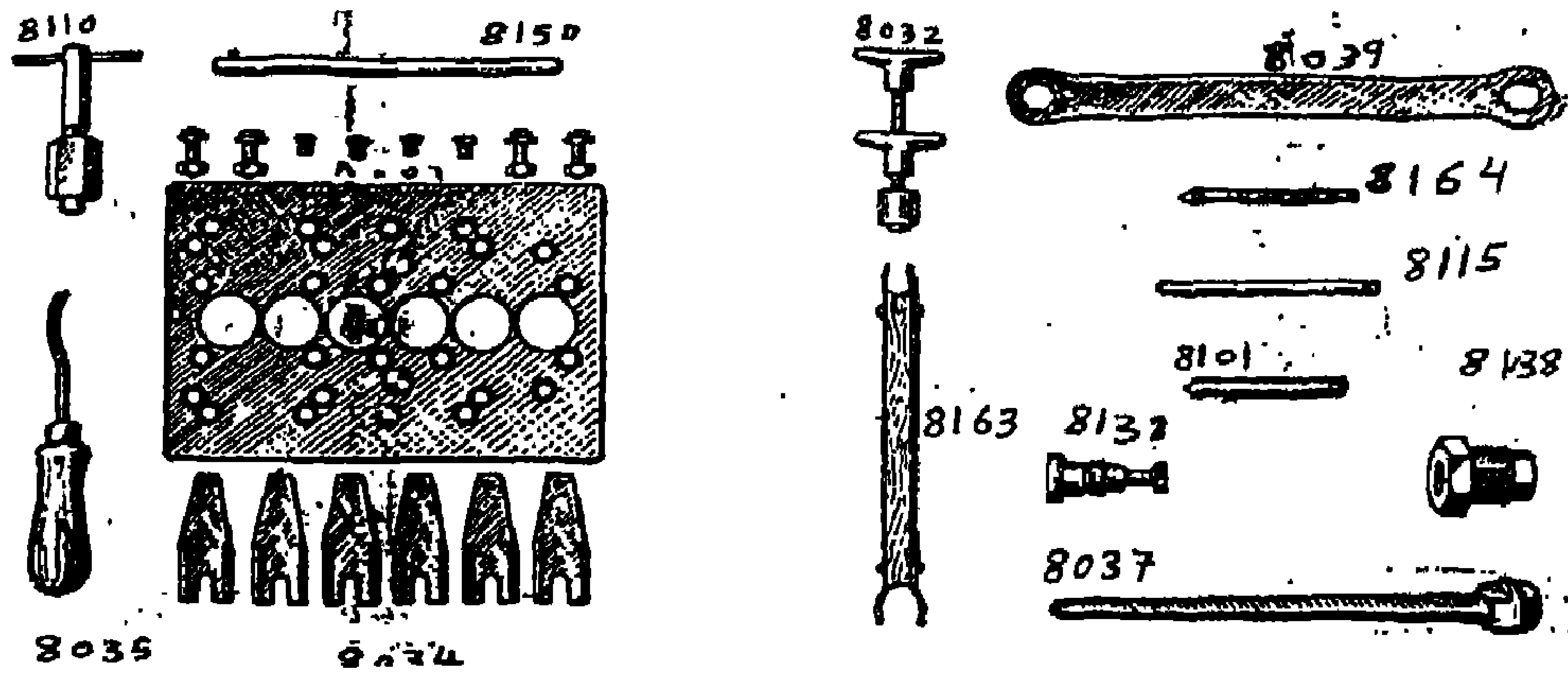
ملاحظة هامة:-

(يجب إن تتوافر شروط النظافة والخلو من الأتربة والأوساخ مع وجود الإضاءة الكافية) وإذا حدث عيب بالمضخة يستدعي فكها فإنه يجب تغييرها بأخرى صالحة وإرسال المضخة المعطلة كمجموعة واحدة إلى ورشة الإصلاح المختصة .

ويجب تغطية التزجة (الطاولة) المعدة للفك بالزنك ويوضع عليها بعض الأوعية النظيفة لحفظ مختلف الأجزاء بها كما يوجد بها وعاء بداخله خليط من البرافين وزيت تزييت خفيف لغسيل الأجزاء ويستعمل الهواء المضغوط أو الفرشة المناسبة في الغسيل ولا تستعمل الكهنة في التنظيف. وتفك المضخة من الحامل الخاص بها بالمحرك بعد فك المواسير الواصلة بين المضخة والرشاشات . ويجب تغطية موضوع أو مكان المواسير بأغطية خاصة وذلك لمنع الأتربة من الدخول بداخل المضخة وكذلك يجب

فك أنبوبة تغذية المضخة بالوقود أو الزيت وكذلك فك اتصال المضخة بالحاكم ثم ترسل المضخة إلى ورشة الإصلاح الخاص بالمضخات للكشف واكتشاف الأعطال وإصلاحها .

والشكل (1-6) يوضح الآلات التي تستعمل في فك مضخة بوش (bosch) وأهم ما فيها الزرجيه 8032 وماسك التاكية 8024 والمفاتيح 8037 .



الشكل(1-6) يوضح أدوات إصلاح مضخة الحقن

ويجب تحضير وعاء كبير مقسم إلى 6 أوعية صغيرة لوضع أجزاء كل سلندر في وعاء صغير منها ويفضل إيجاد 6 علب صغيرة لوضع أجزاء كل سلندر في علبة واحدة ويكتب عليها رقم هذا الجزء في مضخة الوقود وذلك بعد ربط المضخة على قاعدة تركب بالملزمة لتثبيتها أثناء الفك والإصلاح .

والشكل (2-6) يوضح الأجزاء التفصيلية لوحدة من وحدات مضخات الحقن والتي ينبغي أن تبدأ من أعلى المضخة إلى أسفلها كما يلي :-

1- فك ماسك صمام المكبس (4) وكذلك أنزع نابض هذا الصمام .

2- قم بإخراج صمام المكبس (6) وذلك باستخدام الآلة رقم 8032 (تسحن زرجينه) من قاعدة (7) ويكون ذلك بوضع الزرجينة (الآلة 8032) على قاعدة الصمام ثم إدارة صامولة الجناح العلوي بزاوية مقدارها 90° والسفلي

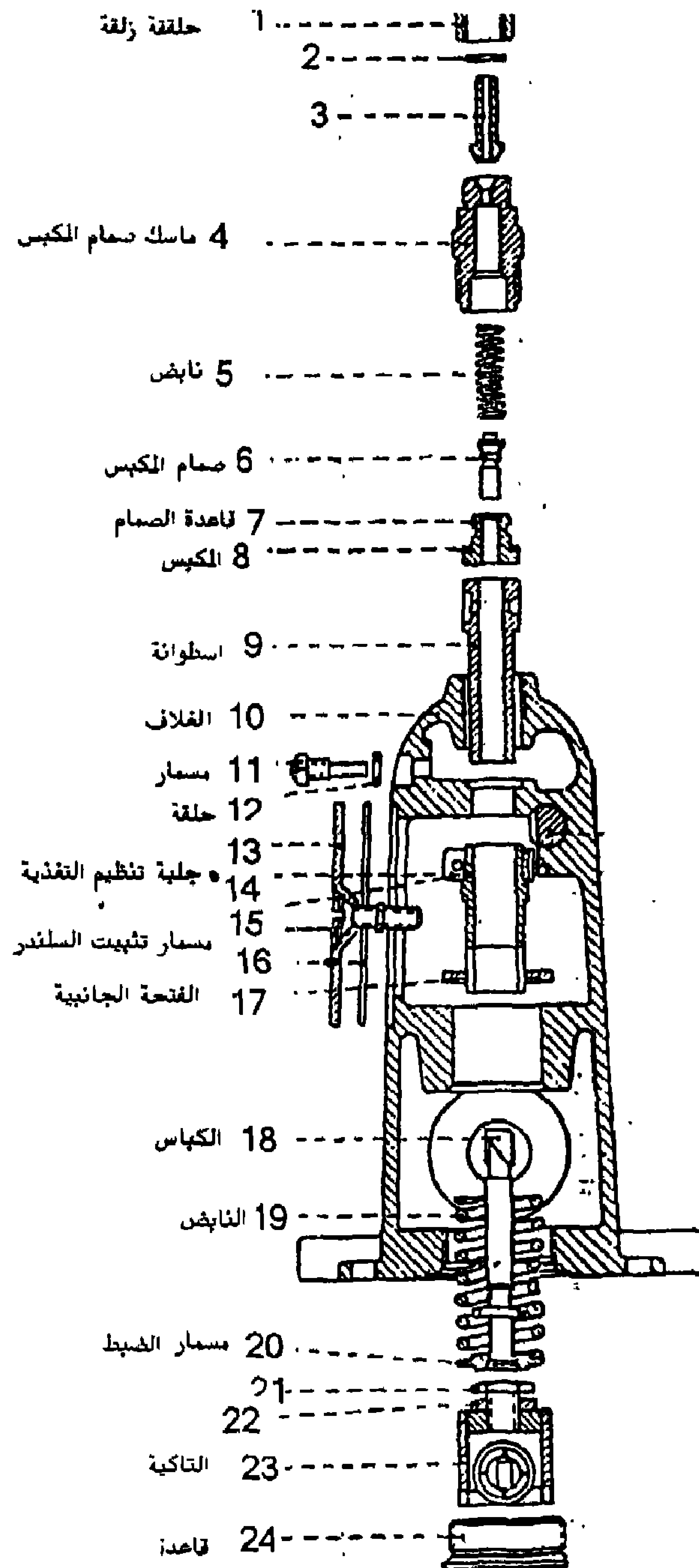
إلى الاتجاه الأيمن حتى يمكن حل الصمام باستخدام الآلـة 8034 المبينـة بالشكل (1-6) .

3- قم بوضع الماسك 8034 بين التاكية (23) ومسمار الضبط رقم (21) وذلك لتخفيف الضغط من على عمود الكامات .

4- قم بفك مسمار تثبيت اللوحة الجانبية لعمود الكامات الـشكل (2-6) وذلـك لإمكان فك عمود الكامات مع ملاحظة وضع عمود الكامات الأصـلي قبـل إجراء الفك حتى يمكن تركيبه في موضعه تماماً عند إعادة التركيب .

5- قم بفك المضخة (24) باستخدام المفتاح 8037 ثم قم بحل أو فـك التاكيـة (23) والكباس (18) والنابض (19) وبعد ذلك يمكن إخراج جلبـة تنظـيم التغذية (14) بالترس (14أ) من الفتحة الجانبية .

6- قم بحل مسار تثبيت السلندر (15) وبذلك يمكن إخراجها مـن أعلـى مع ملاحظة وضع كل كباس في اسطوانته وبعد فك المضخة يجب الكشف على جميع أجزائها بعد غسلها بالكيروسين وتجفيفها .



الشكل (6-2) يوضح أجزاء الداخلية لمضخة الحقن بعد الفك

3-6طريقة فحص أجزاء مضخة الحقن :-

الجدول التالي يوضح طريقة فحص مضخة الحقن:

الجزء	طريقة الفحص	العلاج
1- جسم المضخة	إذا كان به كسر	يجب تغيره بأخر جديد
2- ترس تنظيم التغذية	إذا كان به تأكل في الأسنان	يجب تغير الترس بأخر جديد
3- جلبة	إذا كان بالجلبة تأكل أو تأكل المجري	يجب تغير الجلبة بأخرى جديدة
4- نابض الكباس	إذا كان النابض حدث به استطالة أو اعوجاج	يجب تغير النابض بأخر جديد
5- التاكية	إذا وجد تأكل بالكرسي	يجب تغيره بأخر جديد
6- مسمار ضبط التاكية	إذا حدث تأكل بالجزء العلوي نتيجة الاحتكاك	يجب تغيير مسمار ضبط التاكية
7- عمود الكامات	إذا حدث تأكل بالكامات أو القلاووظ	يجب تغير عمود الكامات
8- الكباس	إذا حدث تأكل به وخاصة في الجزء العلوي من المجري الحلزوني وهو لا يري إلا بالميكروسكوب	يجب تغيير الكباس
9- السلندر	إذا حدث تأكل بسطحها العلوي أو في فتحاتها	يجب تغير السلندر
10- مجموعة الكباس بالسلندر	أ - تقوم بتركيب الكباس بالسلندر وهما مغموران بالزيت فيجب أن ينزلق الكباس تحت تأثير ثقله داخل السلندر في أي وضع محوري له ويكون	يجب فسلهم وتجميعهم

الجزء	طريقة الفحص	العلاج
	الانزلاق بطئ نسبياً	
	ب- إذا كان الانزلاق بسرعة	يجب تغير المجموعة بأكملها وهي الكباس والسلندر
11- صمام الكبس بالقاعدة	إذا حدث شرخ بالقاعدة ويمكن رؤيته بالميكروسكوب	يجب تغير صمام الكبس والقاعدة
12- نابض صمام المكبس	إذا حدث به تلف مثل الاستطالة أو الاعوجاج	يجب تغيره بأخر جديد وبنفس قوة النابض الموصي به كتالوج المضخة
13- عمود الحاكم	إذا حدث تأكل في العمود أو نهايته أو أسنانه	يجب تغير عمود الحاكم
14- جلبة عمود الحاكم	إذا حدث تأكل بجلبة عمود الحاكم	يجب تغير جلبة عمود الحاكم

4-6 إعادة تركيب المضخة :-

يجب ملاحظة أن تركيب المضخة يتم بعكس الخطوات التي اتبعت في فكها مع ملاحظة ما يلي :-

أ- يجب غمر جميع أجزاء المضخة في الزيت عند إعادة تركيبها وذلك بعد غسيل الأجزاء التي لم يحدث بها عطل وتجفيفها وكذلك الأجزاء الجديدة التي تم تغييرها يجب أيضاً غسلها وتجفيفه ثم وضعها في الزيت .

ب- يتم وضع الوردة (12) تحت المسار (11) لتثبيت السلندر .

ج- يتم تركيب السلندر (9) بحيث يقابل المجري الخارجية بها لمسمار التثبيت ولاحظ عدم الخطأ في تركيب المسمار في فتحة الزيت .

د- ينبغي أن تكون الزنيتين (العلامتين) الموجودتين على قاعدة الكباس وعلى جلبة ضبط التغذية على استقامة واحدة كما ينبغي أن يكون ترس قوس التغذية عمودياً

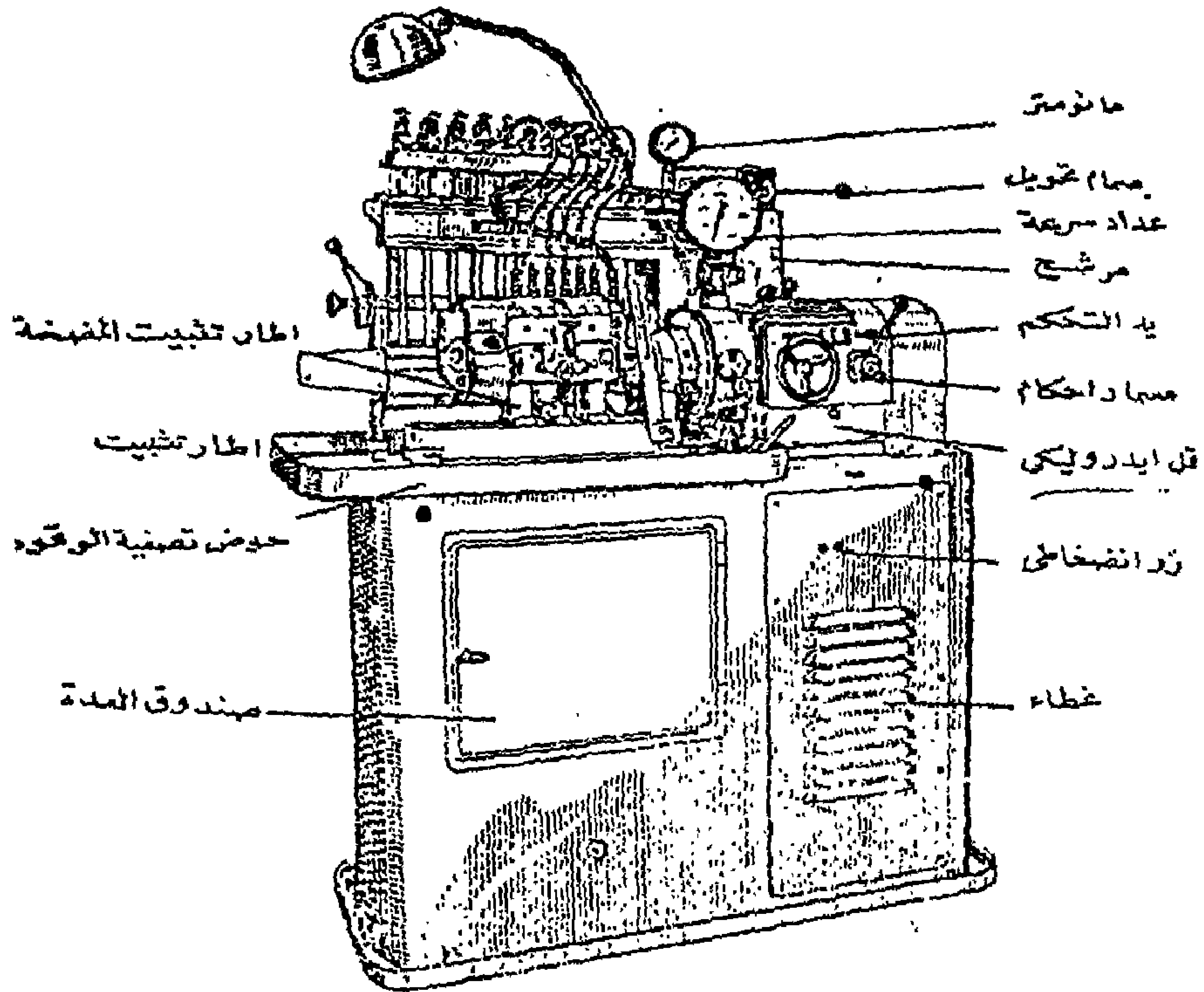
على عمود الحاكم عندما يكون الأخير في الوضع المتوسط .

هـ لاحظ أن مقدار الخلوص الجانبي لعمود الكامات يتراوح ما بين 0.004 بوصة إلى 0.008 بوصة .

و- يجب ملاحظة سهولة الحركة بالنسبة لجميع الأجزاء وإحكام تركيبها صحيحاً .

5-6 **ضبط المضخة** :-

بعد تركيب أجزاء المضخة يجب تركيب المضخة على جهاز اختبار وضبط مضخات حقن الوقود المحركات الديزل والمبين بالشكل (3-6) وهذا الجهاز يدار بمحرك كهربائي يمكن بواسطته ملاحظة قدرة أداء المضخة على أي سرعة في حدود مدى تشغيلها إلا أن ثمن هذا النوع مرتفع جداً ويقتصر على المحطات المخصصة لخدمة مضخات حقن الوقود وتبين نظرية عمل هذا الجهاز على أن يتم تركيب المضخة على هذا الجهاز ثم تدار عند سرعة معينة ولتكن rpm 200 ويلاحظ مقدار الوقود المحقون في أنابيب الاختبار ولكي تكون المضخة مضبوطة يجب أن تضخ كميات متساوية من الوقود حسب كتالوج المحرك والشركة المصنعة وإذا اختلفت الكمية في حدود لا تتجاوز 0.2سم3 وذلك تغير الوضع النسبي بين ترس التنظيم والجلبة والتي تقوم بإدارة الكباس إلى الوضع المطلوب .



الشكل(3-6) يوضح الجهاز المستخدم في ضبط مضخة الحقن

اسئلة للمناقشة

س1. ماهى العوامل التى يتوقف عليها نجاح عملية الصيانة؟

س2. ماهى أهم الاعطال الشائعة بدورة الوقود بمحركات الديزل؟

س3. كيف يمكن معرفة عدم تساوى امداد الوقود لمحاقن الوقود؟

س4. كيف يمكن التأكد من عمل مضخة الحقن؟

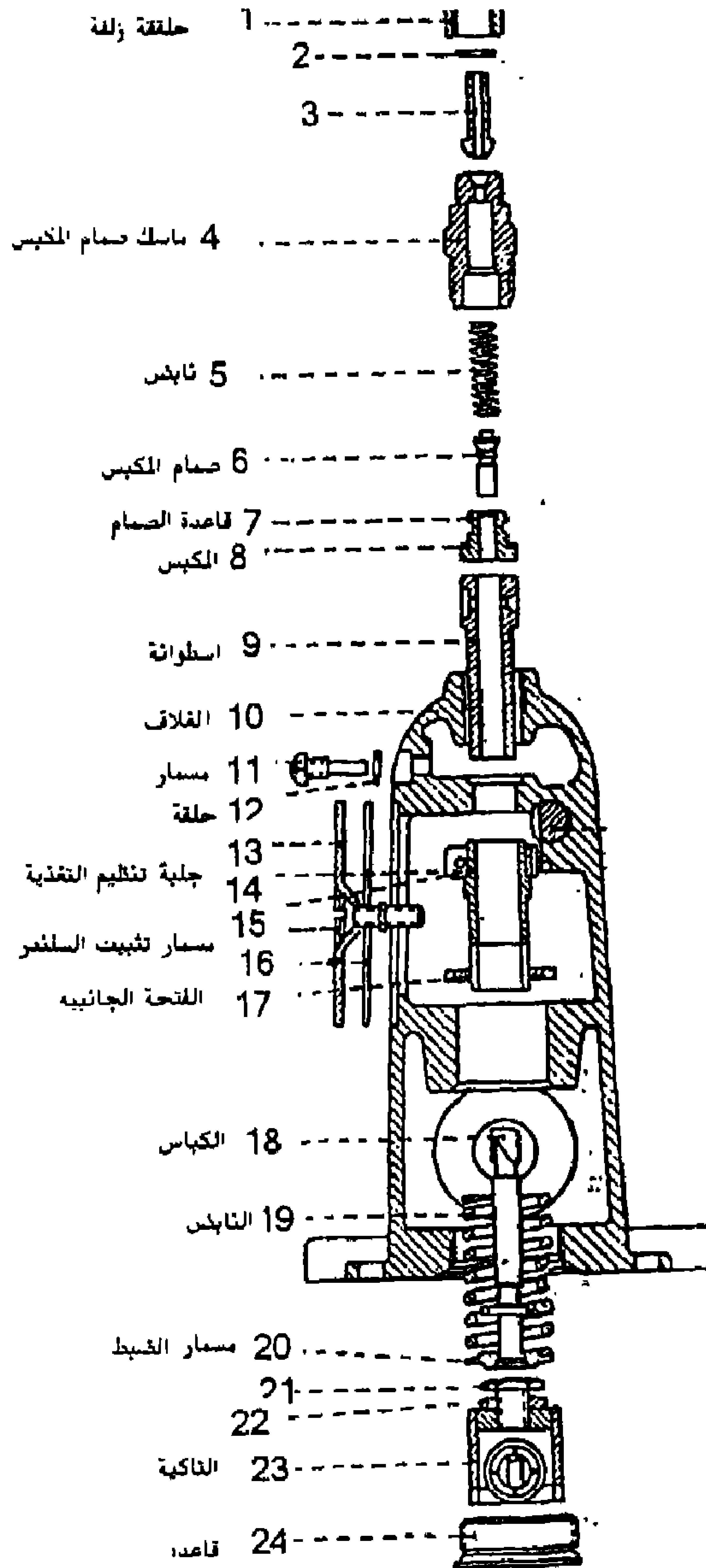
س5. مالسبب فى حدوث الاعطال الاتية:-

ويوضح الجدول التالي الأعطال التي تنشأ من مضخة الحقن اذكر أسبابها المحتملة بالجدول الاتى:

تسلسل	العطل	السبب
1-	عدم انبعاث وقود من المضخة	
2-	عدم انتظام تغذية الوقود في المضخة	
3-	عدم كفاية الوقود الواصل إلى المحرك	
4-	زيادة كمية الوقود الواصلة إلى المحرك من اللازم وعن الكمية المحددة	
5-	تغيير بدء الحقن	
6-	زرجنة العمود المتصل بالحاكم	
7-	عدم تساوي إمداد الوقود للرشاشات	
8-	السخونة المتزايدة للمضخة وعدم تساوي إمداد الوقود	
9-	انعدام إمداد الوقود	
10-	تسرب الوقود أو الزيت من فتحة التصريف	

س6. ماهى الملاحظات الهامة التى يجب مرعاتها عند فك مضخة الحقن ؟

س7. الشكل التالى يبين الاجزاء الداخلية لمضخة الحقن بعد الفك ، اكتب هذه الاجزاء على الرسم التالى:-



س8 الجدول التالي يوضح طريقة فحص مضخة الحقن ، اكتـب العــلاج او الحــل المناظر لكل حالة بالجدول التالى:

الجزء	طريقة الفحص	العلاج
1- جسم المضخة	إذا كان به كسر	
2- ترس تنظيم التغذية	إذا كان به تأكل في الأسنان	
3- جلبة	إذا كان بالجلبة تأكل أو تأكل المجري	
4- نابض الكباس	إذا كان النابض حدث به استطالة أو اعوجاج	
5- التاكية	إذا وجد تأكل بالكرسي	
6- مسمار ضبط التاكية	إذا حدث تأكل بالجزء العلوي نتيجة الاحتكاك	
7- عمود الكامات	إذا حدث تأكل بالكامات أو القلاووظ	
8- الكباس	إذا حدث تأكل به وخاصة في الجزء العلوي من المجري الحلزوني وهو لا يري إلا بالميكروسكوب	
9- السلندر	إذا حدث تأكل بسطحها العلوي أو في فتحاتها	
10- مجموعة الكباس بالسلندر	أ – تقوم بتركيب الكباس بالسلندر وهما مغموران بالزيت فيجب أن ينزلق الكباس تحت تأثير ثقله داخل السلندر في أي وضع محوري له ويكون الانزلاق بطئ نسبياً	.
	ب- إذا كان الانزلاق بسرعة	
11- صمام الكبس بالقاعدة	إذا حدث شرخ بالقاعدة ويمكن رؤيته بالميكروسكوب	
12- نابض صمام المكبس	إذا حدث به تلف مثل الاستطالة أو الاعوجاج	
13- عمود الحاكم	إذا حدث تأكل في العمود أو نهايته أو أسنانه	

الجزء	طريقة الفحص	العلاج
14- جلبة عمود الحاكم	إذا حدث تأكل بجلبة عمود الحاكم	

س9. ماهي الملاحظات التي يجب مراعاتها عند إعادة تركيب المضخة بالمحرك ؟

س10. كيف يمكن ضبط المضخة على الجهاز الخاص بالضبط وكذلك ضبطها بعد اعادة تركيبها بالمحرك؟

س11. ارسم الجهاز المستخدم فى ضبط مضخة حقن محركات الديزل مع ذكر نظرية عملها؟

س12. عرف الدق وماهي اسباب حدوثه بمحركات الديزل وكيف يمكن علاجة؟ وماهي التيتوقف عليها حوث الدق؟

س13. ماهي الاضرار التي تحدث بمحرك الديزل نتيجة حدوث الدق؟ وماهي الأسباب التي تقلل من قابلية المحرك للدق؟

س14. أكمل الجدول التالى الذى يوضح بعض الأعطال التي تسبب الدق وكيفية معالجتها:

الاختبار	النتيجة	العلاج
افحص حرارة تشغيل المحرك	قليلة جدا	
افحص حساس درجة الحرارة	سليم	
افحص الماء في الوقود	ماء كثير جدا	
افحص مرسب الماء		ــــــ
افحص مصفي الهواء	مسدود	
	سليم	
افحص منظم الضغط	قليل جدا	
افحص انضغاط المحرك		ــــــ

الاختبار	النتيجة	العلاج
افحص حساس الإبرة	قليل أو كثير جدا	
افحص منافث الحقن		
افحص ضغط الحقن	غير صحيح	
افحص شكل الحقن		
افحص توقيت الحقن	خطأ	
افحص مضخة الحقن	معطوبة	

س14- يوضح الأعطال الشائعة في محركات الديزل ذات منظومات الحقن المستحكم بها إلكترونيا كيف يمكنك تشخيصها مستخدما الجدول التالى:

نوع العطل	التشخيص والمعالجة
المحرك لا يبدأ التشغيل / يبدأ التشغيل بشكل رديء عندما يكون باردا	
المحرك لا يبدأ التشغيل / يبدأ التشغيل بشكل رديء عندما يكون ساخنا	
الدوران البطيء مضطرب ، أو أن المحرك لا يدور ببطء في حالة البرودة أو طور التسخين	
أداء غير مرضي أثناء القيادة	
استهلاك الوقود بشكل زائد	
المحرك يعمل بفرقعة (طقطقة)	
المحرك لا يدور بسلاسة على مدى السرعة الكاملة	

س15- الجدول التالى يوضح بعض الأعطال التى تحدث بمرشح الوقود وضح ذلـــك بتكملة االجدول التالى:

المكونات	الأعطال المحتملة	السبب	طريقة الإصلاح
وحدة التصفية	عدم نفانية الوقود		
مسمار إخراج الهواء	تسرب الوقود إلـــى خـــارج الدورة		
	انسداد ثقب إخراج الهواء		

س16-اذكر بعض الاعطال الشائعة بالرشاشات ؟

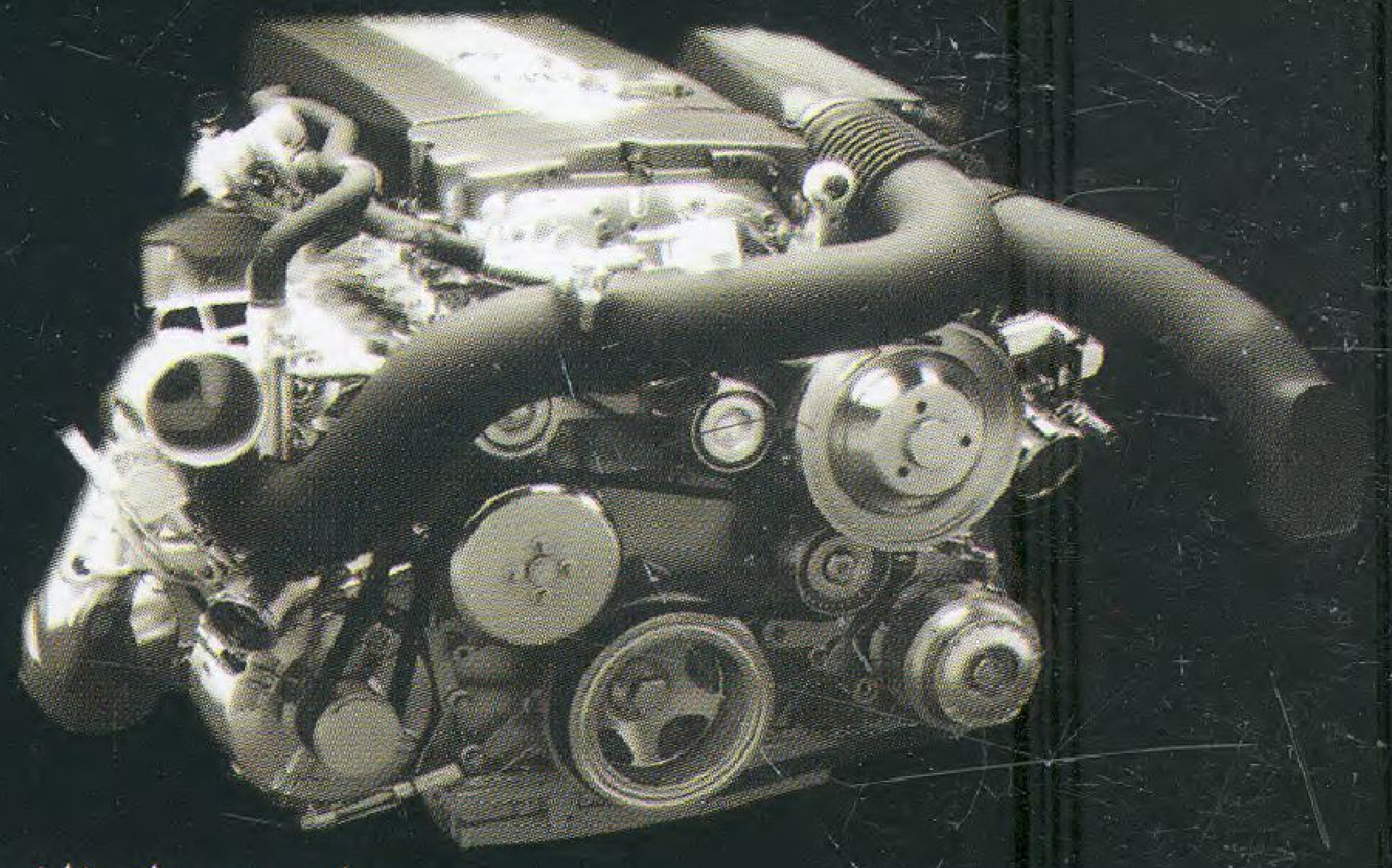
س17- الجدول التالى يوضح أعطال مضخة حقن الوقود (الخطية) واسبابها وطريقة العلاج:

المكونات	الأعطال المحتملة	السبب	طريقة الإصلاح
مكبس الدفع	قلـــة ضـــغط وقـــود الحقن أو عدمه		
مسنن نقل الحركة بـــين الجريـــدة والمكبس	عدم انتظام الاحتراق بعدم انتظـــام كميـــة الوقود المندفعة		
نـــابض إرجـــاع المكبس	عدم إرجاع المكـــبس إلى الأسفل		
عمود الحدبات	نقص كمية الوقود		
كراســـي تحميـــل عمود الحدبات	تآكل الكراسي		

المحتويات

الجزء الأول : محركات البنزين

الجزء الثانى : محركات الديزل



إن محرك الاحتراق الداخلي هو محرك وقودى يعتمد عمله على الوقود الذى هو عبارة عن سائل عند احتراق محتوياته من المواد الكيميائية داخل اسطوانة تعمل فى المحرك، تتحول إلى طاقة حرارية ثم إلى ميكانيكية متمثلة فى دوران عمود المرفق وبعزم دوران ينتقل إلى منظومة نقل الحركة المتكونة من القابض وصندوق التروس وأخيرًا إلى العجلات لدفع المركبة، تعتبر ماكنة الاحتراق الداخلية التى تتم بداخلها الحركة الترددية هى أشهر شكل معروف للمكائن التى تحقق الدفع الابتدائى للمركبات، ليست فقط ترددية بحركة المكبس وإنما هناك نوع آخر يسمى بالدوار (Rotary) وهو نوعان كما فى التوربينات الغازية (Gas turbines) المستخدمة فى المحركات النفاثة ومحطات القوى لتوليد الطاقة الكهربائية، والنوع الثانى فى السيارات ويسمى محرك وانكل (Wankle) ولكنه محدود الاستخدام فى بسبب دقة صناعته وتكلفته الباهظة.



ISBN 978-977-287-797-3

9 789772 877973

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

٥٠ شارع الشيخ ريحان - عابدين- القاهرة

☎ ٢٧٩٥٤٢٢٩

www.sbhegypt.org

e-mail:sbh@link.net